

**PLAN DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE MANTENIMIENTOS MAYORES DE  
EQUIPOS EN LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE ECOPETROL S.A.**

**FREDY ALONSO DUARTE SANGUINO  
JOHANNA PATRICIA DIAZ SILVA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
ESPECIALISTA EN EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS  
BUCARAMANGA  
2015**

**PLAN DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE MANTENIMIENTOS MAYORES DE  
EQUIPOS EN LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE ECOPETROL S.A.**

**FREDY ALONSO DUARTE SANGUINO  
JOHANNA PATRICIA DIAZ SILVA**

**Trabajo de grado para optar al título de:  
Especialista en Evaluación y Gerencia de Proyectos**

**Director:  
JAIME ANDRÉS ALVAREZ OSORIO  
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
ESPECIALISTA EN EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS  
BUCARAMANGA  
2015**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios todo poderoso por darme la oportunidad de crecer día a día en todas las áreas de mi vida, y a mi familia por ser el motivo de mis acciones.

Fredy Alonso Duarte Sanguino

A Dios, quien siempre se ha encargado de llevarme de la mano. A mi familia por su apoyo incondicional, especialmente a David Santiago.

A mi compañero Fredy, por compartir sus experiencias y enseñarme pacientemente sobre mantenimientos mayores.

A nuestro director Jaime Andrés, por su orientación y aportes para la elaboración de este trabajo.

Johanna Patricia

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION .....	14
1 OBJETIVOS.....	15
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	15
2 GENERALIDADES .....	16
2.1 MANTENIMIENTO MAYOR .....	16
2.2 UNIDAD DE BOMBEO .....	16
2.3 ECOPETROL .....	17
2.3.1 Gestión Actual de Órdenes de Trabajo. s. ....	22
2.3.2 Modelo de Maduración y Gestión de Proyectos de ECOPETROL. ....	28
2.3.3 COSTOS DE OPORTUNIDAD.....	35
3 PLAN DE GESTIÓN. ....	38
3.1 GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN DEL PROYECTO .....	38
3.1.1 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto.. ....	38
3.1.2 Realizar la planeación del Proyecto.. ....	39
3.1.3 Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto.. ....	39
3.1.4 Monitorear y controlar el Trabajo del Proyecto.....	40
3.1.5 Realizar el control Integrado de Cambios.: ....	40
3.1.6 Cerrar el Proyecto o Fase. ....	42
3.2 GESTIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO.....	43
3.2.1 Recopilar requisitos.....	43
3.2.2 Definir el alcance.....	43
3.2.3 Crear la Estructura de Desglose de Trabajo. r. ....	44
3.2.4 Validar el Alcance.....	48
3.2.5 Controlar el Alcance. ....	48
3.3 GESTION DE TIEMPO DEL PROYECTO.....	48
3.3.1 Controlar el Cronograma.....	49
3.4 PLAN DE GESTIÓN DE COSTOS .....	51
3.4.1 Estimar los Costos.. ....	52
3.4.2 Determinar el Presupuesto. 3.....	52
3.4.3 Controlar los Costos. o.....	53

3.5	PLAN DE GESTIÓN DE CALIDAD.....	54
3.5.1	Métricas Del proyecto.....	55
3.5.2	Controlar la Calidad. ....	56
3.6	GESTIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS DEL PROYECTO.....	56
3.6.1	Planificar la Gestión de Recursos Humanos.. ..	56
3.6.2	Adquirir el equipo del proyecto. ....	57
3.6.3	Desarrollar el equipo del proyecto.....	57
3.6.4	Dirigir el equipo del proyecto.....	58
3.7	GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES DEL PROYECTO.....	58
3.7.1	Planificar la Gestión de las Comunicaciones. ....	58
3.7.2	Gestionar las comunicaciones. s.....	59
3.7.3	Controlar las Comunicaciones. s.....	59
3.8	GESTIÓN DE LOS RIESGOS DEL PROYECTO.....	59
3.8.1	Planificar la Gestión de los Riesgos. ....	59
3.8.2	Identificar los Riesgos. ....	60
3.8.3	Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos.. ....	61
3.8.4	Realizar el Análisis Cuantitativo de los Riesgos.....	61
3.8.5	Planificar la respuesta a los riesgos. ....	62
3.8.6	Controlar los Riesgos.....	63
3.9	GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES DEL PROYECTO .....	63
3.9.1	Planificar la Gestión de las Adquisiciones.....	63
3.9.2	Efectuar las Adquisiciones. o. ....	64
3.9.3	Controlar las Adquisiciones.....	64
3.9.4	Cerrar las Adquisiciones.. ....	65
3.10	GESTIÓN DE LOS INTERESADOS DEL PROYECTO.....	65
3.10.1	Identificar a los interesados.. ....	65
3.10.2	Planificar la Gestión de los Interesados.....	65
3.10.3	Gestionar la Participación de los interesados. ....	66
3.10.4	Controlar la Participación de los Interesados.....	66
	CONCLUSIONES .....	67
	BIBLIOGRAFIA.....	67

## LISTA DE IMAGENES

Imagen 1. Unidad principal BPC 8410. Estación de Bombeo Santa Rosa .....	17
Imagen 2. Estructura organizacional del grupo ECOPETROL.....	18
Imagen 3. Organigrama de ECOPETROL S.A. ....	20
Imagen 4. Organigrama Vicepresidencia de Transporte y Logística de ECOPETROL S.A. ....	21
Imagen 5. Organigrama del Departamento de Operación y Mantenimiento Antioquia.....	21
Imagen 6. Proceso actual de Mantenimiento, flujo de la Orden de Trabajo.....	22
Imagen 7. Clasificación de los proyectos de Mantenimiento mayor.....	29
Imagen 8. Modelo de maduración y gestión de proyectos.....	30
Imagen 9. Red de transporte de CENIT.....	37
Imagen 11. Primer nivel estructura de desglose de trabajo .....	44
Imagen 12. Desagregación entregable 1.2 .....	45
Imagen 13. ESTRUCTURA MODELO DE DESGLOSE DE TRABAJO .....	47
Imagen 14. Duración del proyecto Modelo .....	51

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de Órdenes de Trabajo de Mantenimiento ejecutadas desde el 01/01/2014 hasta el 30/06/2015 por la disciplina mecánica.....	23
Tabla 2. Aplicación de actividades por área de conocimiento. ....	26
Tabla 3. Clasificación de proyectos según el rango de Inversión .....	28
Tabla 4. Elementos a desarrollar en las fases del modelo de maduración de Ecopetrol.....	32
Tabla 5. Estimado de lucro cesante para los Sistemas de Bombeo de la Estación Sebastopol.....	35
Tabla 6. Tolerancia de desviación para control de cronograma .....	50
Tabla 7. Tabla de evaluación de la desviación en costos. ....	54

## LISTA DE ANEXOS

Anexo1	Acta de Constitución del Proyecto
Anexo2	Informe de Avance Semanal
Anexo3	Solicitud de Cambio
Anexo4	Registro de Solicitudes de Cambio
Anexo5	Lecciones aprendidas
Anexo6	Acta de entrega a Operaciones.
Anexo7	Informe Final
Anexo8	Matriz de trazabilidad de requisitos
Anexo9	Enunciado del Alcance del Proyecto
Anexo10	EDT
Anexo11	Cronograma
Anexo12	Presupuesto
Anexo13	Plan de Gestión de Comunicaciones
Anexo14	Plan de Gestión de riesgos.
Anexo15	Análisis de Riesgo HSE Mantenimiento Mayor
Anexo16	Orden del trabajo del contratista
Anexo17	Verificación de repuestos críticos para mantenimiento mayor
Anexo18	Registro de Interesados Listado de actividades para proyectos de mantenimiento mayor en
Anexo19	unidades de bombeo principales
Anexo 20	Gestión del Equipo de Trabajo
Anexo 21	Gestión de las solicitudes de los Interesados

## RESUMEN

**TITULO:** PLAN DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE MANTENIMIENTO MAYOR EN EQUIPOS DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE ECOPEPETROL S.A.\*

**AUTORES:** FREDY ALONSO DUARTE SANGUINO Y JOHANNA PATRICIA DIAZ SILVA \*\*

**PALABRAS CLAVES:** proyecto, mantenimiento mayor, plan de gestión, unidad de bombeo principal, PMBOK®, ECOPEPETROL.

En el documento se presenta la propuesta para la metodología de gestión de proyectos de mantenimiento mayor en las estaciones de bombeo del Departamento de Operaciones y Mantenimiento Antioquia de la Vicepresidencia de Transporte de ECOPEPETROL S.A.

En el capítulo 2 se presentan las generalidades de la empresa ECOPEPETROL S.A. y la descripción del proceso actual de gestión de las actividades de mantenimiento mayor, objeto de este trabajo, y el Modelo de Maduración de Proyectos de la organización.

En este mismo capítulo se identifican los procesos actuales en la gestión de los proyectos de mantenimiento mayor y su nivel de aplicación y profundidad, de tal manera que se puedan alinear con las prácticas recomendadas por el PMI.

A partir del capítulo tres se desarrolla la metodología propuesta para la gestión de proyectos de mantenimiento mayor, desarrollada por las áreas de conocimiento expuestas en el PMBOK® quinta edición, la cual es el resultado del proceso de adaptación del modelo de maduración de proyectos de ECOPEPETROL y la aplicación de las buenas practicas sugeridas por el PMI.

Con el fin de exponer un caso de estudio, a lo largo del capítulo 3 se presenta el modelo de plan de gestión para un “PROYECTO DE MANTENIMIENTO MAYOR A UNIDAD DE BOMBEO PRINCIPAL”, con el cual se busca que sirva como base para la gestión de proyectos similares.

Los formatos de apoyo para gestión de los procesos que soportan el plan de gestión, surgieron de la adaptación de los formatos existentes y activos de la organización. Estos formatos se encuentran como anexos de esta monografía, y su contenido es susceptible de modificarse de acuerdo al proyecto particular en el que se pretendan utilizar.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela De Estudios Industriales Y Empresariales. Especialista en Evaluación y Gerencia de Proyectos Director. Jaime Andrés Álvarez Osorio

## ABSTRACT

**TITLE:** PROJECT MANAGEMENT PLAN FOR MAJOR MAINTENANCE OF PUMPING UNITS IN ECOPETROL S.A.\*

**AUTHORS:** FREDY ALONSO DUARTE SANGUINO Y JOHANNA PATRICIA DIAZ SILVA \*\*

**KEYWORDS:** Project, major maintenance, Management plan, main pumping unit, PMBOK®, ECOPETROL.

This document presents a proposal for a Major Maintenance Project Management Methodology developed for main equipment in pumping stations from Antioquia's Operations and Maintenance Department of the Vice Presidency of Transportation ECOPETROL S.A.

On chapter 2, one can find a brief introduction of the company ECOPETROL, the current maintenance process description and the Project Maturity Model of the organization.

In this chapter the current processes are identified in the management of major maintenance projects and application level and depth, so that they can align with the practices recommended by PMI.

From chapter three on, the project management methodology is developed following the knowledge areas approach used by PMI on the PMBOK® fifth edition, this methodology is the result of the adaptation of ECOPETROL's Project Maturity Model to the PMI good practices.

As study case, chapter three presents the model "MANAGEMENT PLAN FOR A MAIN PUMPING UNIT MAJOR MAINTENANCE PROJECT", which seeks to serve as a basis for managing similar projects.

Support formats for processes management that support the management plan, emerged from the adaptation of existing organizational assets formats. These formats are as appendices of this report, and its content is likely to be modified according to the particular project they are being used.

---

\*Degree work

\*\*Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Industrial and Business Studies. Evaluation Specialist and Project Management Director. Jaime Andres Alvarez Osorio

## INTRODUCCION

La Coordinación de Mantenimiento del Departamento de Operación y Mantenimiento Antioquia de la Vicepresidencia de Transporte y Logística de ECOPETROL S.A., tiene a cargo el mantenimiento mayor de los equipos mecánicos de los sistemas de transporte de hidrocarburos asignados. Por tanto es indispensable asegurar la disponibilidad de los equipos y su confiabilidad operacional. Actualmente los mantenimientos mayores son gestionados principalmente de acuerdo al criterio y prácticas de las personas encargadas. Por tal razón existe la necesidad de estandarizar los procesos relacionados con los trabajos de mantenimiento mayor que en adelante se considerarán como proyectos, con el fin de optimizar los recursos disponibles para la ejecución y garantizar la máxima disponibilidad operacional de estos equipos.

El propósito de esta monografía es presentar la propuesta de un plan de gestión para proyectos de mantenimiento mayor adaptado del modelo de gestión de proyectos de ECOPETROL S.A. el cuál sea aplicable de una manera práctica y eficaz en los trabajos de mantenimiento mayor encargados a cualquiera de los profesionales líderes de disciplina de la Coordinación de Mantenimiento del Departamento de Operación y Mantenimiento Antioquia. La adaptación del modelo tiene en cuenta la participación de interesados clave del proyecto, información histórica y las buenas practicas propuestas por el PMI® a través del PMBOK® quinta edición.

# 1 OBJETIVOS

## 1.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar el plan de gestión para los proyectos de mantenimiento mayor en equipos de las estaciones de bombeo del Departamento de Operaciones y Mantenimiento Antioquia de la Vicepresidencia de Transporte y Logística de ECOPETROL S.A., siguiendo las buenas prácticas de la guía del PMBOK® quinta edición, con el fin de mejorar los indicadores de cumplimiento en el tiempo y costo de estos proyectos.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Describir la situación actual de la ejecución de los proyectos de mantenimiento mayor en las estaciones de bombeo del Departamento De Operaciones Y Mantenimiento Antioquia.
2. Desarrollar la metodología para gestionar los proyectos de mantenimiento mayor, la cual incluye:
  - a. Plan de gestión del alcance
  - b. Plan de gestión del cronograma
  - c. Plan de gestión de costos
  - d. Plan de gestión de la calidad
  - e. Plan de gestión de los recursos humanos
  - f. Plan de gestión de riesgos
  - g. Plan de gestión de adquisiciones
  - h. Plan de gestión de los interesados
  - i. Plan de gestión de cambios
  - j. Plan de gestión de la integración
3. Desarrollar un modelo de plan de gestión de “Proyectos de mantenimiento mayor a unidad principal de Bombeo”.

## **2 GENERALIDADES**

### **2.1 MANTENIMIENTO MAYOR**

Es el mantenimiento aplicado a un equipo o instalación en donde el alcance de sus actividades permite o solicitan:

- Restablecer el estado de la integridad de los activos, con el fin de reducir la incertidumbre de la información utilizada para el cálculo de probabilidad de falla de los activos y posterior revaloración del riesgo mediante estudios (inspecciones y diagnósticos).
- Disminución relevante del riesgo en la operación del activo mediante la ejecución de actividades para:
  - Recuperar el ciclo de vida del activo
  - Incrementar la producción
  - Incrementar la calidad del producto o servicio
  - Disminuir los costos del proceso

Lo anterior para lograr una restitución general de las condiciones de servicio del activo; bien desde el punto de vista de diseño o para satisfacer un periodo de tiempo de operación con la mínima probabilidad de falla, o interrupción del servicio, y dentro de los niveles de desempeño o eficiencia requeridos por las prácticas prudentes y responsables de la industria.

### **2.2 UNIDAD DE BOMBEO**

Es la unidad funcional encargada de suministrar la energía hidráulica requerida para el desplazamiento de hidrocarburos a través de la línea o ducto. (Ver Imagen 1 )

Estas se clasifican en: Bombeo principal, la cual puede incluir

- El motor, que puede ser eléctrico o de combustión interna
- La bomba, que puede ser centrífuga o de desplazamiento positivo
- Un variador de velocidad, que puede ser mecánico, hidráulico o eléctrico.

Imagen 1. Unidad principal BPC 8410. Estación de Bombeo Santa Rosa



Fuente: Archivo de fotos de Coordinación de Mantenimiento Antioquia.

## 2.3 ECOPETROL

El Grupo ECOPETROL cuenta con 32 empresas entre filiales, subordinadas y con participación accionaria, todas están orientadas a consolidar su participación en todos los eslabones de la producción de hidrocarburos: exploración y producción, transporte, refinación y biocombustibles ( **Imagen 2**).

La Empresa Colombiana de Petróleos, ECOPETROL, nació el 25 de agosto de 1951 como una empresa Industrial y Comercial del Estado. En el 2003 el gobierno colombiano reestructuró la empresa con el objetivo de internacionalizarla y hacerla más competitiva, con lo cual se modificó la estructura organizacional de la Empresa Colombiana de Petróleos y la convirtió en ECOPETROL S.A., una sociedad pública por acciones.

Actualmente, ECOPETROL S.A. es la empresa más grande del país con una utilidad neta de \$15,4 billones registrada en 2011 y la principal compañía petrolera en Colombia. Por su tamaño, pertenece al grupo de las 40 petroleras más grandes del mundo y es una de las cuatro principales de Latinoamérica.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>ECOPETROL. Misión y visión corporativa . [en línea] [citado septiembre 20 de 2015] disponible en: Disponible en Línea en <http://www.ecopetrol.com.co>

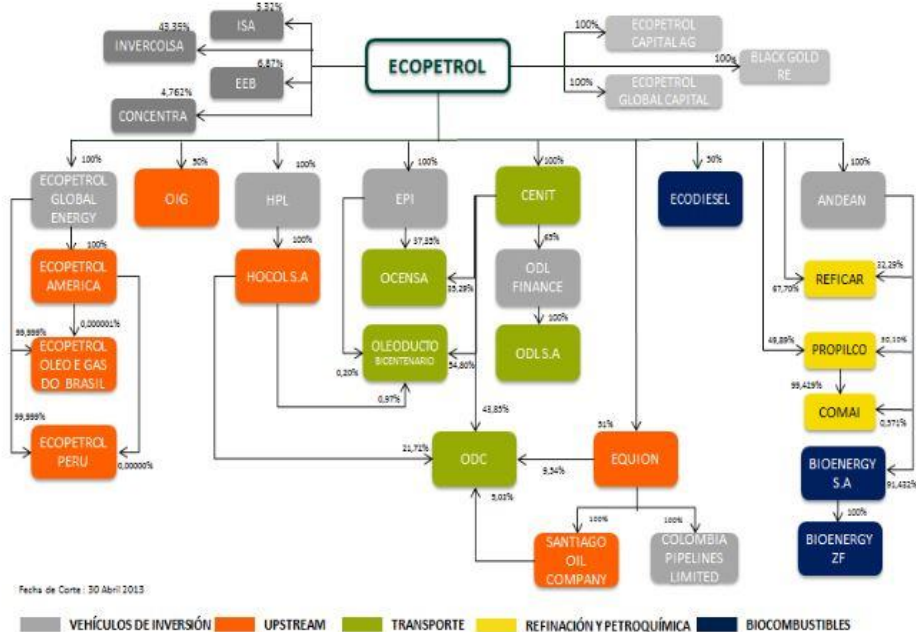
## Misión Grupo Empresarial

Encontramos y convertimos fuentes de energía en valor para nuestros clientes y accionistas, asegurando la integridad de las personas, la seguridad de los procesos y el cuidado del medio ambiente, contribuyendo al bienestar de las áreas donde operamos, con personal comprometido que busca la excelencia, su desarrollo integral y la construcción de relaciones de largo plazo con nuestros grupos de interés.<sup>2</sup>

## Visión al 2020 del Grupo Empresarial

ECOPETROL, Grupo Empresarial enfocado en petróleo, gas, petroquímica y combustibles alternativos, será una de las 30 principales compañías de la industria petrolera, reconocida por su posicionamiento internacional, su innovación y compromiso con el desarrollo sostenible.<sup>3</sup>

Imagen 2. Estructura organizacional del grupo ECOPETROL.



Fuente: Intranet ECOPETROL S.A.

<sup>2</sup> Ibis.

<sup>3</sup> Ibis

## **CENIT S.A.S.**

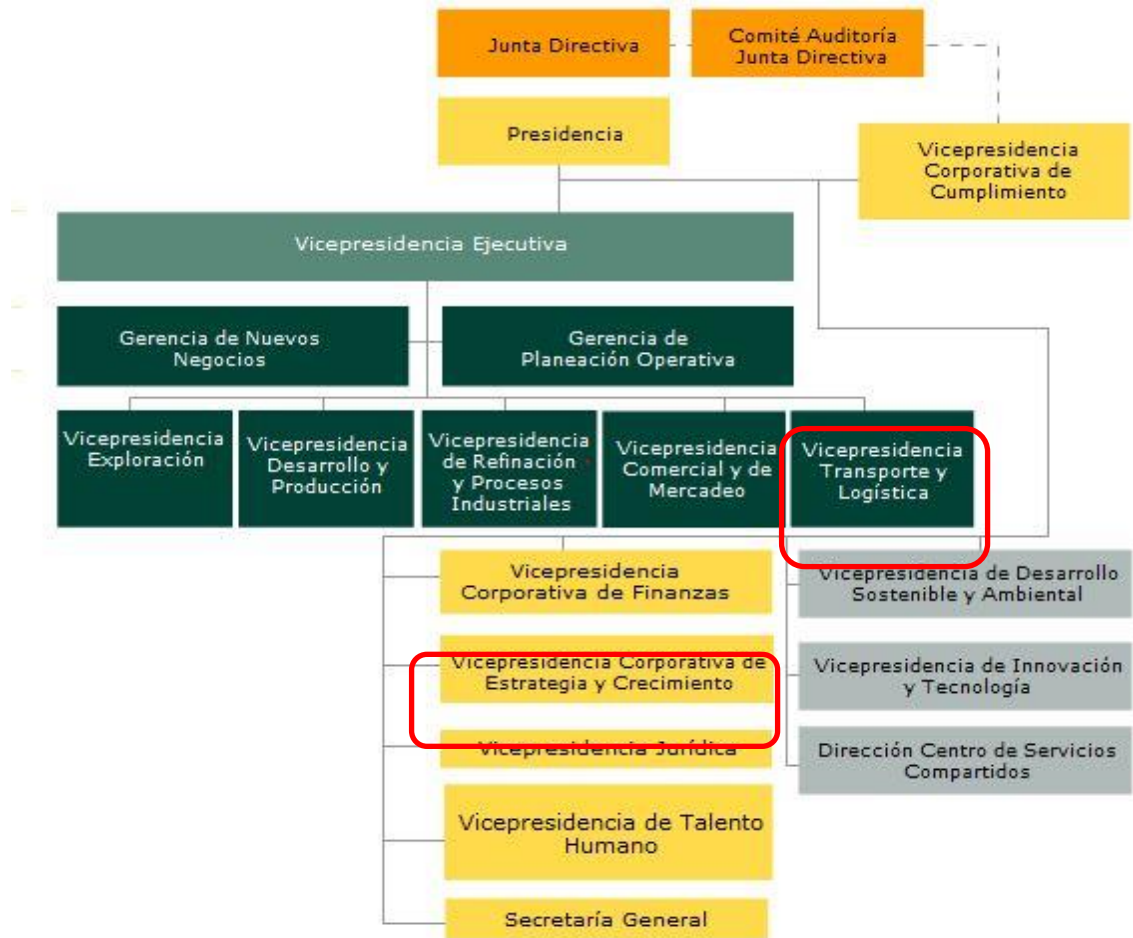
La empresa CENIT, filial de ECOPETROL, se encarga del transporte, logística y almacenamiento de hidrocarburos y refinados, “cuenta con más de 9.000 kilómetros de ductos, entre oleoductos y poliductos, en toda Colombia que transportan la totalidad de la demanda de combustibles líquidos del país y la mayoría del petróleo producido en Colombia, lo cual equivale a octubre de 2014 a 948 kbd de crudo y 251 kbd de refinados”<sup>4</sup>. Los activos de la Vicepresidencia de Transporte y Logística de Hidrocarburos de ECOPETROL S.A. son propiedad de CENIT S.A.S., por tanto el servicio de mantenimiento mayor se ejecuta sobre estos activos.

Actualmente la Vicepresidencia de Transporte y Logística (**VIT**) se encuentra dentro del organigrama de ECOPETROL como se muestra en la **Imagen 3**, y a su vez el proyecto objeto de estudio se enmarca dentro de la Gerencia de Poliductos como se muestra en la **Imagen 4**.

---

<sup>4</sup> REVISTA DINERO. CENIT aumentará su capacidad. 17 de marzo de 2017.[en línea] [citado 20 de septiembre de 2015] disponible en: <http://www.dinero.com/empresas/articulo/inversiones-proyectos-CENIT-2015/206842>

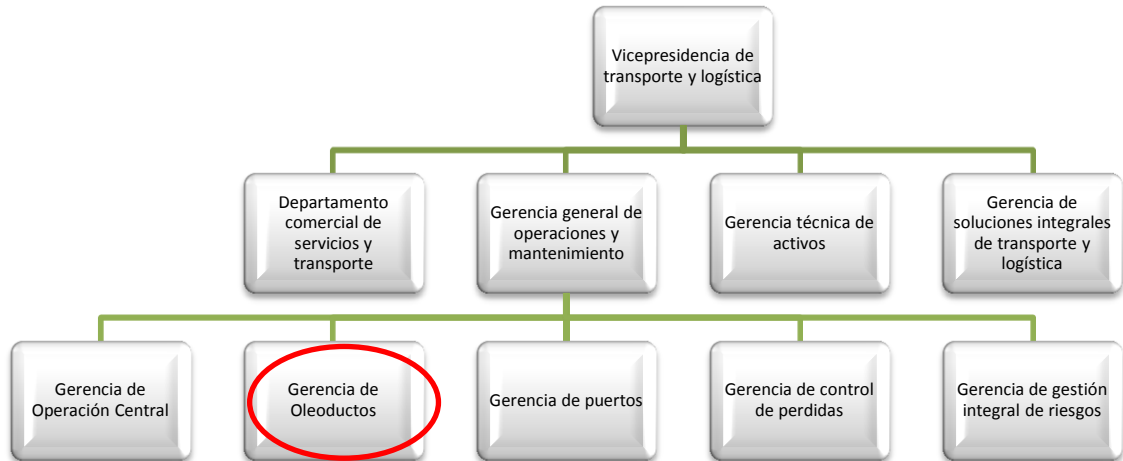
Imagen 3. Organigrama de ECOPETROL S.A.



Fuente: Intranet ECOPETROL S.A.

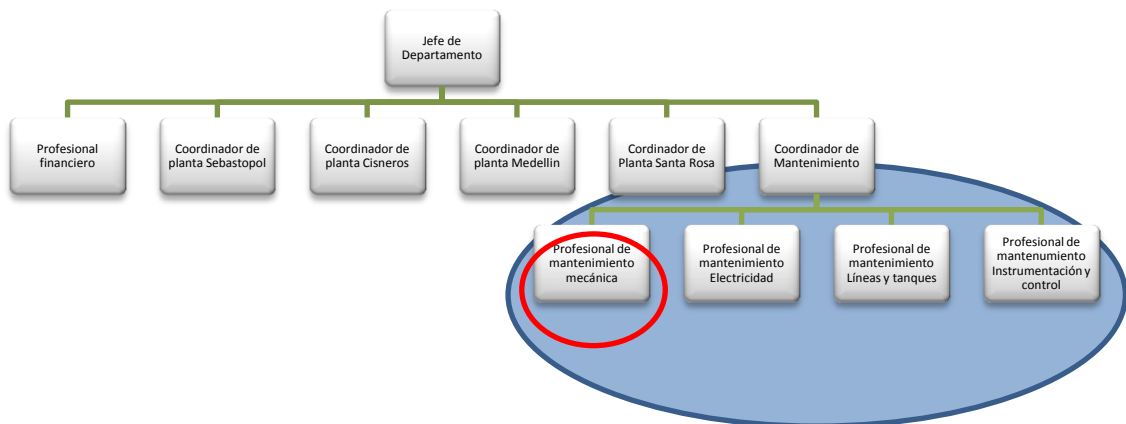
El Departamento de Operación y Mantenimiento Antioquia (Departamento O&M Antioquia) hace parte de la Gerencia de Poliductos de la VIT y está conformado por las estaciones Sebastopol, Cisneros, Medellín y Santa Rosa y sus líneas de tubería asociada, dentro del cual se encuentra la Coordinación de Mantenimiento y el equipo de profesionales de especialidad como se muestra en la **Imagen 5**.

Imagen 4. Organigrama Vicepresidencia de Transporte y Logística de ECOPETROL S.A.



Fuente: Intranet ECOPETROL S.A.

Imagen 5. Organigrama del Departamento de Operación y Mantenimiento Antioquia



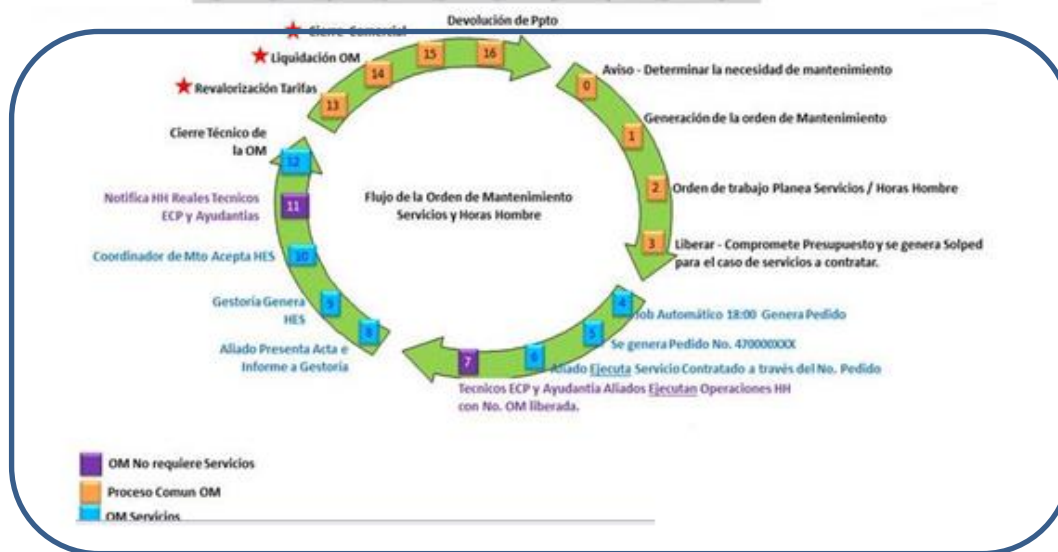
Fuente: Intranet ECOPETROL S.A.

**2.3.1 Gestión Actual de Órdenes de Trabajo.** La Coordinación de Mantenimiento es la encargada de asignar y administrar los recursos requeridos para ejecutar todas las tareas de mantenimiento de los activos del Departamento O&M Antioquia, entre los cuales se encuentran las líneas de tubería y las unidades de bombeo como activos más representativos.

Actualmente no se le da un tratamiento de gestión de proyectos a las actividades de mantenimiento mayores, estas se ejecutan con el mismo procedimiento establecido para la ejecución de actividades rutinarias de mantenimiento (ver Imagen 6).

Los dos tipos principales de mantenimiento que se realizan en el departamento O&M Antioquia son: preventivo (asociado a una orden de trabajo Z1PM en SAP<sup>5</sup>) y correctivo (asociado a una orden de trabajo Z2PM en SAP).

Imagen 6. Proceso actual de Mantenimiento, flujo de la Orden de Trabajo.



Fuente: Gerencia Técnica de Activos de la VIT

La planeación y ejecución de estos dos tipos de mantenimiento se hacen sin distinción del monto, la duración y la complejidad de las actividades, lo que para órdenes de trabajo de mantenimiento mayor dificulta el seguimiento y control de la

<sup>5</sup> SAP® (Sistemas, Aplicaciones y Productos para Procesamiento de Datos), es un software ERP (Enterprise Resource Planning) utilizado por la Vicepresidencia de Transporte y Logística de ECOPETROL para la gestión del mantenimiento de los activos de CENIT S.A.S.

planeación en el tiempo y costo, ya que no se tiene establecida ninguna metodología para la realización de estas actividades de seguimiento.

Durante el año 2014 y en lo que va corrido del año 2015 la disciplina mecánica ha ejecutado un promedio mensual de 96 órdenes de trabajo preventivas del tipo Z1, cuyo costo promedio ha sido de \$ 3'454,365, y cuyos recursos asignados en horas hombre ha tenido un promedio de 12 HH lo que significa no más de un día de trabajo del grupo de mecánica.

Mientras que en el mismo periodo los trabajos de mantenimiento mayor han sido en total ocho (8) y han tenido un costo promedio de \$ 148'549,237 con una asignación de recursos promedio de 1650 horas hombre y una duración promedio de 28 días. Cabe anotar que en el costo promedio relacionado anteriormente solo se tuvieron en cuenta los costos relacionados al recurso humano, es decir, horas hombre, pues el CMMS\* utilizado hasta el 31/12/2014 solo permitía cargar costos de horas hombre dejando por fuera de la liquidación de la orden de trabajo los costos asociados a equipos, herramientas, materiales, servicios externos y demás, causados con frecuencia en la ejecución de órdenes de trabajo de mantenimiento mayor.

Tabla 1 Resumen de Órdenes de Trabajo de Mantenimiento ejecutadas desde el 01/01/2014 hasta el 30/06/2015 por la disciplina mecánica

Tipo de Orden de Trabajo	Número Total de Ordenes en el periodo	Promedio de Ordenes de Trabajo Mensual	Costo Promedio de la Orden de Trabajo	Duración promedio en HH por orden de trabajo	Duración promedio en días por orden de trabajo
Z1 (Mantenimiento Preventivo)	1731	96	\$ 3'454,364	12 HH	1
Z2 (Mantenimientos Mayores)	8	0.5	\$ 148'549,237	1650 HH	28

Fuente: CMMS (Computerized Maintenance Management System ) ELLIPSE y SAP

De la información mostrada en la **Tabla 1** se infiere claramente que el tratamiento que se le debería dar a las órdenes de trabajo Z2 asociadas a mantenimiento

\* Computerized Maintenance Management System

mayores se debe diferenciar del tratamiento dado a las órdenes de trabajo Z1 debido a su gran diferencia en costos y recursos asociados, de tal forma que sea práctico hacer seguimiento y control al presupuesto y al cronograma de las mismas.

La propuesta de este plan de monografía es que las órdenes de trabajo Z2 asociadas a mantenimiento mayor, sean gestionadas como un proyecto cuyo plan de gestión corresponda a una adaptación del modelo de maduración de gestión de proyectos de ECOPETROL S.A. (MMGP).

### **2.3.1.1 Procesos actuales en el desarrollo de órdenes de trabajo Z2 para mantenimiento mayor**

#### **a. Iniciación**

Actualmente los trabajos de mantenimiento mayor se generan a partir de las siguientes situaciones:

- ✓ Por condición del Activo  
Como resultado de un análisis de condición por medio de alguna técnica de mantenimiento predictivo, se determina que debe realizarse un mantenimiento mayor al equipo para restablecerlo a su condición normal de operación.
- ✓ Por baja eficiencia en la operación del activo  
Cuando se evidencia en los parámetros de operación del equipo que sus condiciones no corresponden con las mínimas requeridas para garantizar una operación óptima de los sistemas de bombeo.
- ✓ Por solicitud del Dueño del Activo  
Cuando por alguna razón el dueño del activo, CENIT S.A.S., solicita realizar un trabajo de mantenimiento mayor en alguno de los equipos, bien sea por sugerencia del grupo de operación y mantenimiento o por iniciativa propia.

#### **b. Planeación**

En la actualidad la planeación de los trabajos de mantenimiento mayor se realiza de la siguiente manera:

- ✓ Creación de la orden de trabajo del contratista  
Por parte del profesional de mantenimiento de ECOPETROL y su grupo de trabajo se realiza la planeación de las actividades a ejecutar y la asignación de recursos a todas las actividades, esta información se le suministra al contratista macro de mantenimiento quien la carga o incluye en el formato establecido de orden de trabajo. Dicho formato tiene incluidas las tarifas unitarias pactadas en el contrato macro de

mantenimiento, de tal manera que como resultado de este cargue de recursos se obtiene el presupuesto de la orden de trabajo.

- ✓ Creación y liberación de la orden de trabajo de ECOPETROL en SAP  
Con la misma información obtenida en la etapa de planeación y con el presupuesto obtenido de la orden de trabajo del contratista, se crea una orden de trabajo Z2PM en SAP, la cual debe ser liberada (aprobada) en el sistema por el Coordinador de mantenimiento.

c. Ejecución

La ejecución de los trabajos de mantenimiento mayor se realiza de la siguiente manera:

- ✓ Recibo del equipo por parte de operaciones  
Después de tener liberada la orden de trabajo en el sistema SAP, se acuerda con el área de operaciones de la planta donde se encuentre instalado el equipo la fecha estimada para sacar de operación el equipo, de tal manera que a partir de esta fecha se inicie la ejecución de las actividades planeadas.
- ✓ Ejecución de las actividades  
Una vez recibido el equipo se inician las actividades de ejecución de acuerdo a lo planeado.

d. Seguimiento y control

El seguimiento y control de los trabajos de mantenimiento mayor se realiza de la siguiente forma:

- ✓ Reuniones de Seguimiento  
Se realizan reuniones periódicas donde el técnico encargado del trabajo muestra el avance de las actividades ejecutadas y las observaciones y/o hallazgos respecto al plan. No se tiene establecido un formato de seguimiento de avance ni de recursos ejecutados que permitan saber con certeza los valores de avance en %, ni costos en \$. En estas reuniones se informa sobre desviaciones a lo planeado que implicaron asignación de recursos adicionales que normalmente no se informan a los interesados impidiendo incluirlas como modificaciones al plan haciendo aún más difícil el seguimiento y control de los trabajos.

e. Cierre

- ✓ Entrega del equipo  
Una vez se ha terminado la ejecución de las actividades, planeadas o no, se realizan pruebas operacionales a los equipos y se entregan al área de operaciones sin que exista algún documento que formalice esta entrega.
- ✓ Cierre de la Orden de Trabajo  
Tan pronto como la geroría administrativa haya liquidado la orden de trabajo del contratista, el profesional de mantenimiento recibe esta información y actualiza la orden de trabajo de ECOPETROL en SAP, y de la misma manera le cambia el estado a la orden de trabajo como “Cerrada Técnicamente”, queriendo decir esto que no hay posibilidad de incluir ningún costo adicional a la misma.

**2.3.1.2 Actividades que se desarrollan por áreas de Conocimiento:** A continuación se presenta una tabla resumen donde se expone las actividades actuales que se desarrollan de acuerdo a las áreas de conocimiento propuestas por el estándar del PMI® y permite identificar las deficiencias en la gestión de proyectos.

**Tabla 2. Aplicación de actividades por área de conocimiento.**

<b>INTEGRACIÓN</b>	<p>No se desarrolla acta de Constitución, plan para la dirección del proyecto.          Se dirige y gestiona el trabajo del proyecto según el criterio del encargado.          El monitoreo y control del proyecto no está establecido formalmente.</p>
<b>ALCANCE</b>	<p>El alcance se asocia con la orden de trabajo, en ocasiones se presenta en la ejecución cambios en el alcance sin control.</p>
<b>TIEMPO</b>	<p>Se hace un cronograma en la etapa de planeación de la orden de trabajo pero no se establecen hitos, y no se actualiza con la inclusión de nuevas actividades, no se monitorea el tiempo del proyecto y no hay datos de desempeño.</p>
<b>COSTOS</b>	<p>Se hace el presupuesto en la orden de trabajo del contratista que considera las personas, herramientas y servicios como preparación de superficies.          No se tiene un presupuesto general del proyecto que presente todos los conceptos para la ejecución del mismo.          No se hace seguimiento a los costos durante la ejecución, se valida el costo del proyecto en el cierre, de acuerdo a los valores a cancelar al contratistas, no se tiene una restricción de presupuesto se cancela lo que incurre el contratista siempre y cuando estén justificados, este control lo hace la Gestoría Administrativa.          No se tienen datos a la fecha de cuánto cuesta un proyecto.          Se cambió el sistema de información en el mes de enero de 2015, la nueva herramienta es SAP, en la cual se podría tener un mejor control de los costos pero se requiere contar con los datos de la Gestoría Administrativa para alimentar la herramienta.</p>
<b>CALIDAD</b>	<p>Al final del proyecto se verifican las condiciones de operación de los equipos intervenidos y si están dentro de los parámetros recomendados por el fabricante se acepta los trabajos.</p>

<b>RRHH</b>	<p>En la Orden de trabajo del contratista se presupuestas el equipo necesario y se define en que momento intervienen. En ocasiones no se tiene a tiempo el personal, dado que no se cuenta con los perfiles requeridos en el área de influencia del proyecto.</p> <p>Para la metodología se debe considerar el tiempo de liberación de la Orden de trabajo y el tiempo que toma realizar el proceso de selección y contratación.</p>
<b>COMUNICACIONES</b>	<p>Todas las comunicaciones son a través de correo sin seguir políticas de comunicación, todos los participantes del proyecto pueden comunicarse entre sí.</p>
<b>RIESGOS</b>	<p>Se hace el análisis de riesgos asociados a la ejecución de actividades que impliquen riesgos profesionales, como trabajo en altura, espacios confinados, atmosferas explosivas etc. En la orden de trabajo se solicita en caso de ser necesario el Inspector HSE de acuerdo a la magnitud del proyecto.</p> <p>Existe dentro del equipo un Inspector HSE, encargado de elaborar el análisis de riesgos e implementar los controles Asociados.</p> <p>No se realiza gestión de los riesgos generales del proyecto.</p>
<b>ADQUISICIONES</b>	<p>Toda la gestión de adquirentes se hace a través del departamento de compras.</p> <p>Para lo cual, sí los repuestos que se van a utilizar están catalogados, a la orden de trabajo creada en SAP se le cargan los repuestos para que compras haga la gestión de adquisiciones.</p> <p>Generalmente se recibe los materiales en la planta, se verifica y recepciona, dejando constancia en la orden de remisión. Las adquisiciones se cierran al cerrar la OT.</p> <p>Se tiene alta dependencia de la llegada de los repuestos para poder dar inicio a la ejecución, se hace seguimiento al proceso de compras a través de los encargados del proceso. Las compras en ECOPEPETROL, tienen un alto grado de complejidad, por tanto se considera las adquisiciones como una actividad crítica dado el tiempo que toman desarrollarlas, se presentan casos de hasta 8 meses.</p>
<b>INTERESADOS</b>	<p>Se identifican los interesados, pero no se tiene un registro formal, ni se hace una gestión de los mismos.</p>

### 2.3.2 Modelo de Maduración y Gestión de Proyectos de ECOPETROL.

ECOPETROL cuenta con la Dirección Corporativa de Proyectos y el Grupo de Metodología y Mejora de Gestión de Proyectos, los cuales hacen parte de la Vicepresidencia Corporativa de Estrategia y Crecimiento (ver Imagen 3).

Las principales funciones de la Dirección Corporativa de Proyectos son:

- ✓ Asegurar la aplicación de las mejores prácticas en ingeniería de costos en los proyectos, de acuerdo con los lineamientos organizacionales definidos y dentro del marco establecido por el Modelo de Maduración y Gestión de Proyectos. Garantizar seguimiento y reporte del estado del proceso de ingeniería de costos en los proyectos durante las etapas de planeación y ejecución, analizar el desempeño y generar las respectivas acciones de mejora para el proceso con el objetivo de asegurar uso efectivo del capital en inversiones que apalanquen el logro de la estrategia.
- ✓ Garantizar la asesoría a las unidades de negocio en metodologías de apoyo en la conceptualización y gestión del costo, tiempo y riesgo de los proyectos.
- ✓ Consolidar y cuantificar los resultados de mejoramiento del negocio como consecuencia de la aplicación del proceso de ingeniería de costos en los proyectos emprendidos.

ECOPETROL clasifica los proyectos desde Megaproyectos hasta tipo C, considerando los criterios de rango de inversión e índice de complejidad el cual incluye grado de incertidumbre, grado de impacto, grado de integración.

Por ejemplo para la valoración de Rango de Inversión considera las siguientes categorías:

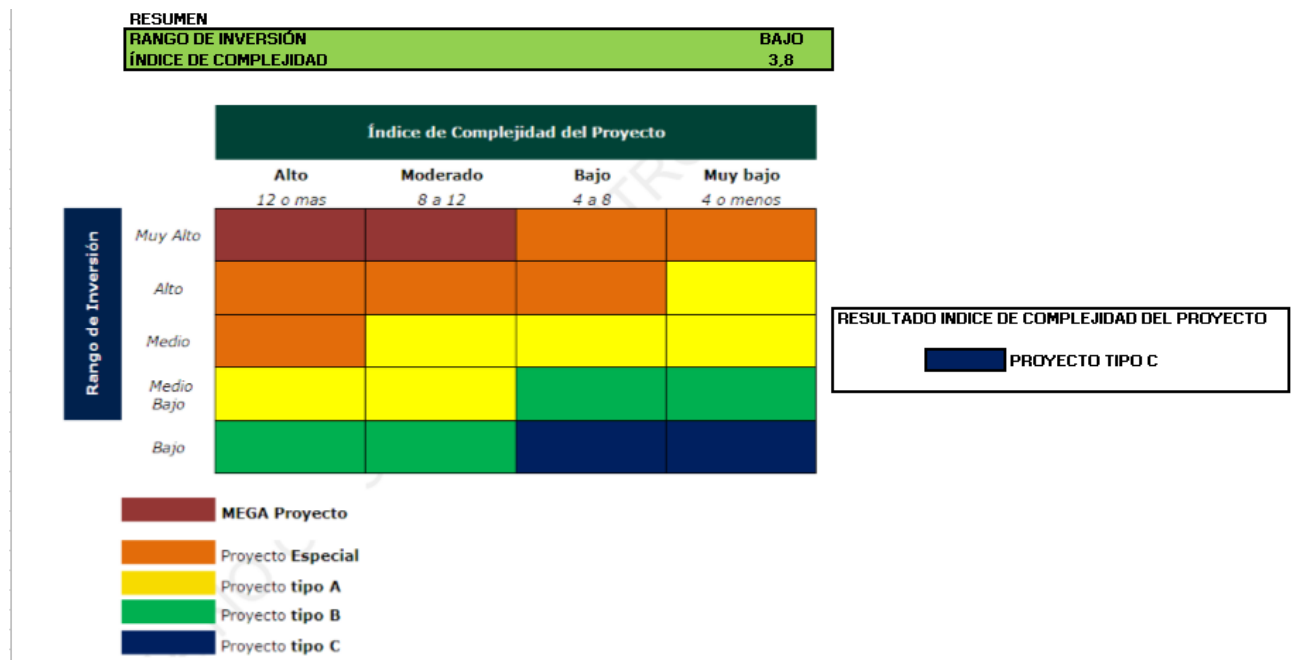
**Tabla 3. Clasificación de proyectos según el rango de Inversión**

<b>TIPO</b>	<b>Inversión en Millones de USD</b>	<b>Escala</b>
Megaproyectos:	Más de 1500	Muy Alto
Especiales:	Entre 500 y 1500	Alto
Proyectos Tipo A:	Entre 100-500	Medio
Proyectos Tipo B:	Entre 10-100	Medio Bajo
Tipo C:	Menos de 10	Bajo

Los proyectos de mantenimiento mayor a cargo del Departamento de Operación y Mantenimiento de Antioquia, aplicando los criterios descritos llegarían a clasificarse como tipo C, con rango de inversión bajo e índice de complejidad muy

bajo (ver Imagen 7), por lo cual es justificable por qué este tipo de proyectos no son objeto formal de seguimiento por parte de la Dirección Corporativa de Proyectos.

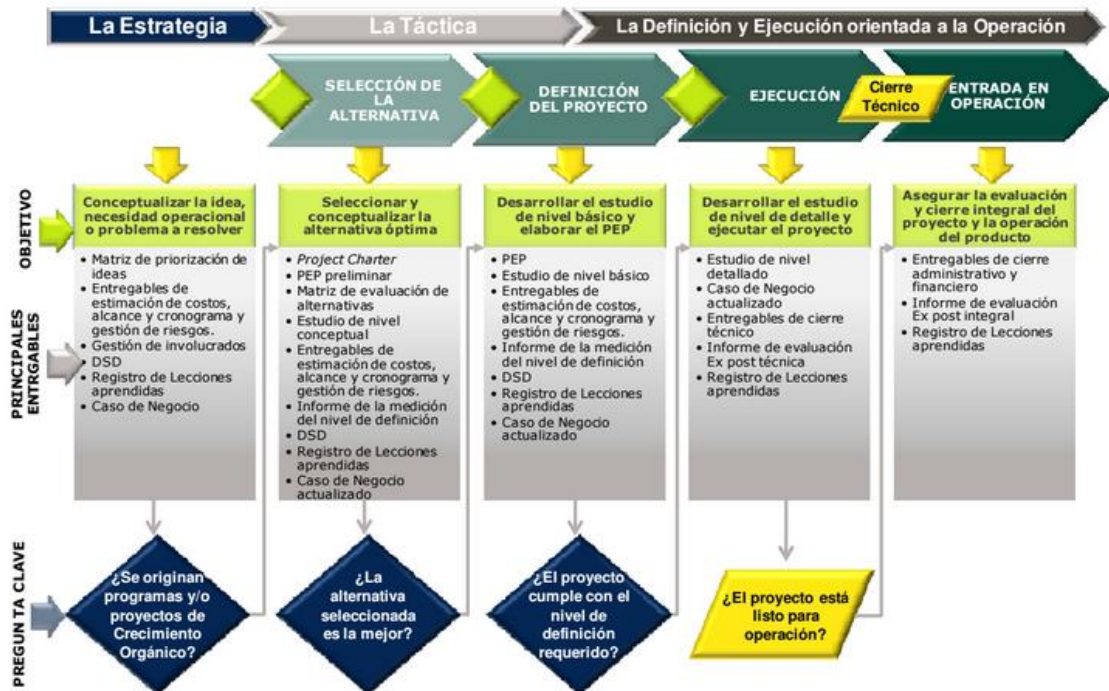
Imagen 7. Clasificación de los proyectos de Mantenimiento mayor



Fuente: ECOPETROL - Formato para clasificación de Proyectos.

Desde la Vicepresidencia Corporativa de Estrategia y Crecimiento, ECOPETROL ha desarrollado el Modelo de Maduración y Gestión de Proyectos (MMGP) presentado en la Imagen 8, el cubre los procesos de identificación de oportunidad, selección de la alternativa, definición del proyecto, ejecución y entrada en operación, en la cual se visualiza el desarrollo del proyecto desde que se concibe la idea generada por la necesidad o requerimiento del cliente hasta la entrega a satisfacción del producto o servicio.

Imagen 8. Modelo de maduración y gestión de proyectos.



### FASE 1.

Identificar y conceptualizar nuevas oportunidades, ideas o necesidades operacionales alineadas con la estrategia del negocio, y que contribuyan al logro de las metas organizacionales y generen valor para la compañía. En esta fase se desarrolla el caso de negocio como documento clave donde se consigna el análisis del entorno, la alineación con el marco estratégico, el análisis financiero, el análisis de impactos y beneficios para la organización, entre otros. Como resultado del caso de negocio propuesto la compañía evaluará la posibilidad de desarrollar la oportunidad de negocio como un programa o un (unos) proyecto (s).

### FASE 2. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Seleccionar y conceptualizar la mejor alternativa para desarrollar la oportunidad de negocio identificada en la Fase 1, con base en criterios claros de decisión aplicados en la evaluación de las alternativas formuladas. En esta fase se establece el alcance definitivo del proyecto y se desarrolla el estudio de nivel conceptual.

### FASE 3: DEFINICIÓN DEL PROYECTO

Desarrollar con mayor nivel de profundidad el alcance y el plan de ejecución y control de la alternativa seleccionada en la fase anterior, con el fin de llevarla al

nivel de definición requerido para ser sancionada como proyecto, dentro del marco corporativo del portafolio del Grupo Empresarial.

Las decisiones de inversión requieren cursar un proceso de aprobación de Junta Directiva mediante un análisis integral de Portafolio y de impacto al Plan de Negocio.

#### FASE 4: EJECUCIÓN

Ejecutar el proyecto según el alcance definido y de acuerdo con lo planeado, en términos de costos, tiempo y calidad. En esta etapa se lleva a cabo el diseño a nivel de detalle y se materializa el proyecto realizando las actividades de compras, contratación, construcción, montaje y puesta en marcha y cierre técnico, de acuerdo con los planes definidos en la fase anterior y con los procedimientos existentes en la organización.

#### FASE 5: ENTRADA A OPERACIÓN

Transferir el producto (bien o servicio) al cliente para su desarrollo operacional, asegurando la entrada y estabilización de la operación.

Del modelo de maduración se puede identificar que desde el momento en que se trabaja la idea se empiezan a incorporar elementos como la identificación de interesados, cronograma, reuniones de lanzamiento etc. En la medida que una idea o iniciativa supera los procesos de aprobación va incorporando o profundizando en el nivel de detalle de los elementos, se presenta una relación directa del modelo con los conceptos presentados en la guía de PMBOK®.

En la Tabla 5 se exponen las principales actividades a desarrollar en cada una de las fases del modelo de maduración de Ecopetrol, en la cual se resaltan los elementos nuevos que se incorporan en cada fase.

Tabla 4. Elementos a desarrollar en las fases del modelo de maduración de Ecopetrol

Fase 1. Identificación de la oportunidad (generación de la idea, formalización del proyecto y elaboración del caso de negocio.)	Fase 2. Seleccionar alternativa (Formalización del proyecto y elaboración del caso de negocio)	Fase 3. Definición del proyecto. Formalización del proyecto, desarrollo de ingeniería y elaboración del caso de negocio)	Fase 4. Ejecución de proyectos ( formalización del proyecto, desarrollo de ingeniería y elaboración del caso de negocio)	Fase 5. Entrada en Operación ( estabilización de la operación del proyecto y cerrar el proyecto )
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar Matriz Raci del proyecto</li> <li>• Crear el Calendario de RRHH</li> <li>• Realizar reunión de lanzamiento</li> <li>• Identificar involucrados</li> <li>• Expectativas</li> <li>• Plan de comunicaciones</li> <li>• Enunciado del alcance, WBS y diccionario (para la fase actual)</li> <li>• Cronograma</li> <li>• Estimación de costos</li> <li>• Gestión de riesgos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir Líder del Proyecto</li> <li>• Elaborar Matriz Raci del proyecto</li> <li>• Crear el Calendario de RRHH</li> <li>• Realizar reunión de lanzamiento</li> <li>• <b>EMITIR PROJECT CHARTER</b></li> <li>• Identificar actualizar involucrados</li> <li>• Expectativas</li> <li>• Plan de comunicaciones</li> <li>• Enunciado del alcance, WBS y</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar Matriz Raci del proyecto</li> <li>• Crear el Calendario de RRHH</li> <li>• Realizar reunión de lanzamiento</li> <li>• Enunciado del alcance, WBS y diccionario (para la fase actual)</li> <li>• Cronograma</li> <li>• Gestión de riesgos</li> <li>• Estimación de costos</li> <li>• Lecciones aprendidas</li> <li>• Elaborar plan de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar Matriz Raci del proyecto</li> <li>• Crear el Calendario de RRHH</li> <li>• Realizar reunión de lanzamiento</li> <li>• <b>Validar alcance detallado</b></li> <li>• Lecciones aprendidas</li> <li>• Gestión de riesgos</li> <li>• Elaborar plan de compras y contratación</li> <li>• Planificar la calidad del proyecto, aseguramiento y control</li> <li>• Consolidar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar ciclo de gestión de riesgos.</li> <li>• Generar y revisar formulario de Información</li> <li>• Cierre administrativo</li> <li>• Cierre Financiero</li> </ul>

Fase 1. Identificación de la oportunidad (generación de la idea, formalización del proyecto y elaboración del caso de negocio.	Fase 2. Seleccionar alternativa (Formalización del proyecto y elaboración del caso de negocio)	Fase 3. Definición del proyecto. Formalización del proyecto, desarrollo de ingeniería y elaboración del caso de negocio)	Fase 4. Ejecución de proyectos ( formalización del proyecto, desarrollo de ingeniería y elaboración del caso de negocio)	Fase 5. Entrada en Operación ( estabilización de la operación del proyecto y cerrar el proyecto )
<ul style="list-style-type: none"> <li>Lecciones aprendidas</li> </ul>	<p>diccionario (para la fase actual)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cronograma</li> <li>Estimación de costos</li> <li>Gestión de riesgos</li> <li>Lecciones aprendidas</li> <li><b>Consolidar información de los planes de gestión</b></li> <li><b>Elaborar plan de compras y contratación</b></li> <li><b>Planificar la calidad del proyecto, aseguramiento y control</b></li> </ul>	<p>compras y contratación</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Planificar la calidad del proyecto, aseguramiento y control</li> </ul> <p>Consolidar información de los planes de gestión Elaborar documento PEP</p>	<p>información de los planes de gestión</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar documento PEP</li> <li><b>Realizar seguimiento y control</b></li> <li><b>Registrar bitácora</b></li> <li><b>Monitoreo de la gestión de los riesgos</b></li> <li><b>Informes de seguimiento</b></li> <li><b>Registrar acciones correctivas y preventivas</b></li> <li><b>Documentar lecciones aprendidas</b></li> <li><b>Analizar impacto del proyecto al</b></li> </ul>	

<b>Fase 1. Identificación de la oportunidad (generación de la idea, formalización del proyecto y elaboración del caso de negocio.</b>	<b>Fase 2. Seleccionar alternativa (Formalización del proyecto y elaboración del caso de negocio)</b>	<b>Fase 3. Definición del proyecto. Formalización del proyecto, desarrollo de ingeniería y elaboración del caso de negocio)</b>	<b>Fase 4. Ejecución de proyectos ( formalización del proyecto, desarrollo de ingeniería y elaboración del caso de negocio)</b>	<b>Fase 5. Entrada en Operación ( estabilización de la operación del proyecto y cerrar el proyecto )</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Elaborar documento PEP</b></li> </ul>		<b>Negocio.</b>	

**2.3.3 COSTOS DE OPORTUNIDAD.** En la Tabla 5, se presenta los ingresos que se perciben por transporte de refinados para los sistemas de bombeo que se encuentran instalados en la Estación Sebastopol (ver Imagen 9). En el caso que se tuviera una parada no programada de alguna unidad de bombeo, estos se dejarían de causar, ocasionando un costo de oportunidad para CENIT. Los datos base de los cálculos se establecen de acuerdo a la capacidad estimada del sistema y el precio por barril transportado que reporta CENIT en su página Web.

Tabla 5. Estimado de lucro cesante para los Sistemas de Bombeo de la Estación Sebastopol.

<b>SISTEMA DE TRANSPORTE DE REFINADOS</b>	<b>PESOS POR BARRIL.</b>	<b>BARRILES/HORA</b>	<b>BARRILES/DÍA</b>	<b>TOTAL</b>
Sebastopol-Medellín	\$ 6.328,66	3.500	84.000	\$ 531.607.440
Sebastopol-Salgar	\$ 2.636,17	4.500	108.000	\$ 486.000.000
Sebastopol-Tocancipa	\$ 7.164,80	3.200	76.800	\$ 245.760.000

Fuente: Elaboración propia.

La Estación de Sebastopol es la principal estación del Departamento de Operación y Mantenimiento Antioquia, teniendo en cuenta para el cálculo del valor estimado las siguientes premisas:

- Ya que cada sistema se compone de dos unidades de bombeo que operan en configuración una en línea y una en “stand by”, para que el lucro cesante se cause se tendría que dar la condición de que las dos unidades se encuentren fuera de línea simultáneamente.
- El valor total está calculado con el flujo promedio actual para cada uno de estos sistemas y con una operación diaria de cada sistema de 24 horas.

Otro factor a tener en cuenta para establecer la criticidad de estos sistemas de bombeo y que influyen en la decisión de sacar de línea una de estas unidades de bombeo para ejecutar una actividad de mantenimiento mayor, es que de excederse en los tiempos estimados para cada intervención se podría ocasionar un desabastecimiento de combustible en la zona geográfica a la que llega determinado sistema.

De acuerdo a la información presentada, es usual que los mantenimientos mayores se desarrollen con bajo control por parte del Departamento de

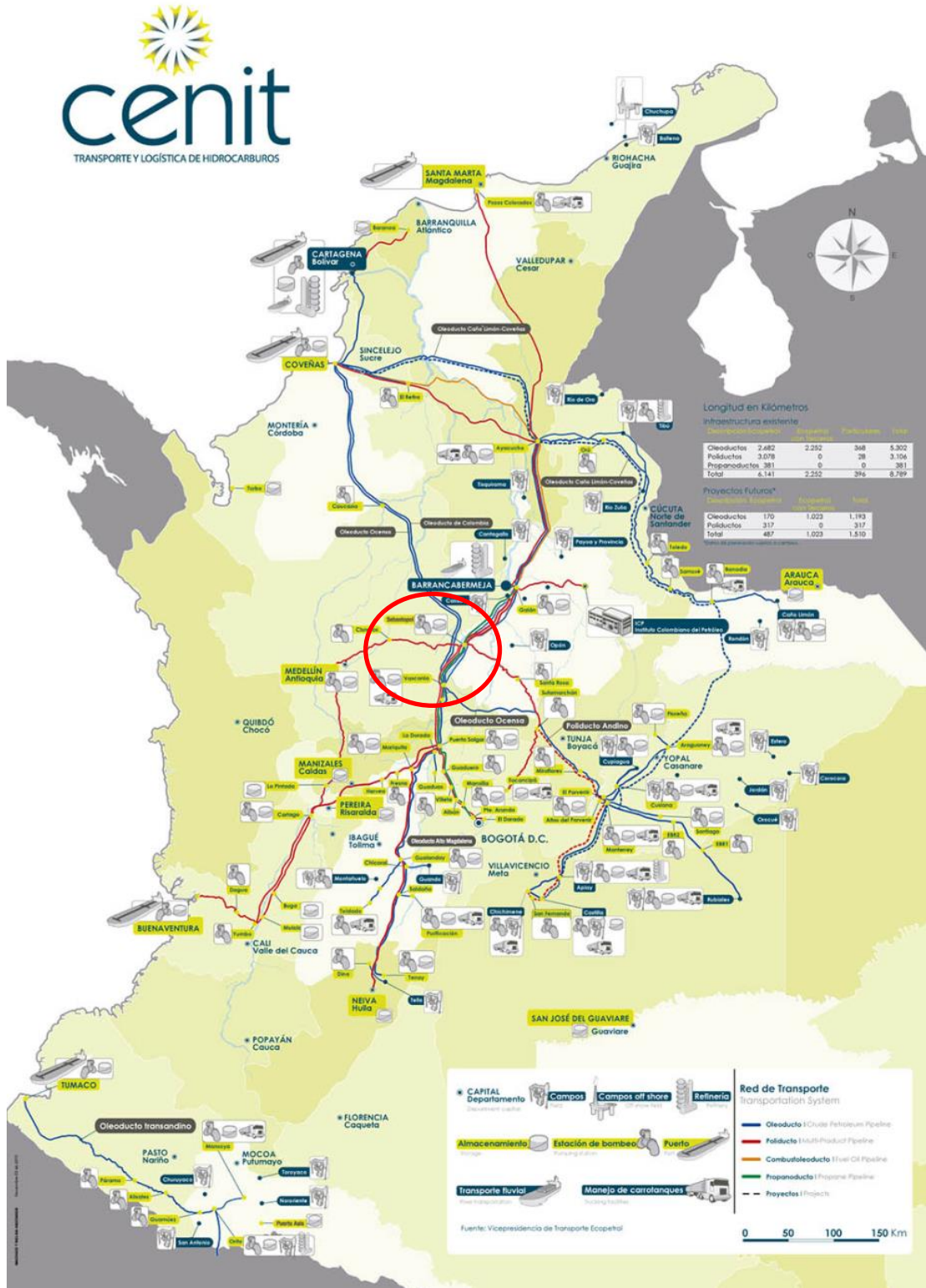
Operaciones y Mantenimiento, lo cual es un riesgo frente al impacto que ocasionaría una falla en un sistema.

La parada repentina de una de estas unidades de bombeo podría causar una afectación económica de hasta \$ 531,6 millones de pesos por día.

Otro atenuante a considerar es que actualmente no existe una metodología aplicable a este tipo de mantenimientos, ni se diferencia su tratamiento a los órdenes de trabajo de tipo preventivos (Z1), por tanto existe una oportunidad de mejora frente a la gestión de los mantenimientos mayores, partiendo de la definición de los mismos como proyectos y por tanto estableciendo una metodología que fortalezca la gestión de estos proyectos y así mismo garantice la disponibilidad de los equipos para contribuir al logro misional de ECOPETROL S.A. relacionado con el transporte de hidrocarburos, la eficiencia en procesos y el control efectivo de los recursos.

En el capítulo 3, se presenta la propuesta de la metodología a implementar para la gestión de los proyectos de mantenimiento mayor de las estaciones de bombeo del Departamento de Operaciones y Mantenimiento Antioquia.

Imagen 9. Red de transporte de CENIT



Fuente: [www.cenit-transporte.com](http://www.cenit-transporte.com)

### 3 PLAN DE GESTIÓN.

El desarrollo del plan de gestión, tratado en este capítulo se presenta secuencialmente de acuerdo a las áreas de conocimiento establecidas en la guía del PMI®, de tal manera que se debe entender que la información relacionada no representa el desarrollo cronológico del proyecto sino la propuesta que se hace para su gestión.

El plan de gestión es el resultado de la adaptación del modelo de maduración de proyectos de ECOPETROL, para lo cual se realizó la revisión de los planes de gestión y sus documentos anexos los cuales de acuerdo a las necesidades de los proyectos de mantenimiento se modificaron y se evaluó su aplicabilidad para determinar si se requería su implementación.

Por tal razón el propósito de este trabajo es presentar una metodología para los líderes de los proyectos de mantenimiento mayor, la cual servirá de referencia para guiar y fortalecer la gestión proveniente de su experiencia y capacidades técnicas.

Con el fin de exponer un caso de estudio, a lo largo de este documento se presenta el plan de gestión para un “PROYECTO DE MANTENIMIENTO MAYOR EN UNIDAD DE BOMBEO PRINCIPAL”.

#### 3.1 GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN DEL PROYECTO

**3.1.1 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto.** El Líder del Proyecto se encarga de diligenciar el ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO (PTQ-PRY-F-001) de acuerdo a la información que tiene disponible para el inicio del proyecto, como los correos electrónicos, memorandos, los informes de mantenimiento predictivo y demás.

El acta se remite por correo electrónico al Patrocinador del proyecto (Coordinador de Mantenimiento) para su validación, la cual se da por aprobada una vez se registre la firma de la misma.

El documento modelo, Acta de constitución de proyecto, se presenta en el Anexo 1.

**3.1.2 Realizar la planeación del Proyecto.** Los profesionales de las especialidades mecánica, electricidad e instrumentación deberán realizar cada uno con el apoyo de su grupo de trabajo la planeación detallada de las actividades a ejecutar por su especialidad para la ejecución del proyecto, de tal manera que esta planeación sirva como insumo para que en conjunto con el Líder del Proyecto se realice una planeación integrada y coordinada que permita ejecutar de la mejor manera el proyecto.

El resumen de esta planeación por especialidad será la relación de las actividades, sus recursos asociados y su duración, según el formato PTQ-PRY-F-009.

El líder del proyecto será el encargado de coordinar la integración de estas planeaciones y consolidarla en un solo documento el cual contendrá la información de entrada para la elaboración del cronograma de ejecución del proyecto en Microsoft Project<sup>®</sup>

**3.1.3 Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto.** Los técnicos de mantenimiento de cada especialidad serán los responsables de llevar el registro diario de las actividades ejecutadas, situaciones relevantes, desempeño del equipo de trabajo, etc, este registro podrá realizarse de la manera que cada técnico se le facilite, es decir podrá utilizar una libreta de apuntes, bitácora, talonario de reportes, o similar, de tal forma que en las reuniones semanales de seguimiento presenten al Líder del proyecto esta información de la manera más clara y precisa.

Es responsabilidad del Líder del Proyecto consolidar estos reportes en el informe semanal.

La gestión del trabajo se apoya de forma permanente a través del contacto telefónico o personal de los técnicos y Líder del Proyecto y del acompañamiento intermitente en la ejecución de las actividades por parte del Líder.

El técnico deberá informar de forma inmediata al Líder del Proyecto los inconvenientes que surjan en el desarrollo de las actividades, por tanto es indispensable que se mantenga la comunicación y esta sea efectiva para lograr gestionar el proyecto oportunamente.

El Líder del proyecto es quien tiene las facultades para gestionar lo relacionado con los recursos del proyecto, tanto los recursos humanos, como el trato con los proveedores de servicios externos y será el encargado de controlar todas las comunicaciones relacionadas con el proyecto. El técnico a su vez está encargado de controlar el equipo y recursos a su cargo y de reportar las eventualidades que se presenten.

A manera de ejemplo se presenta la siguiente situación:

Si uno de los ayudantes de mecánica contratados no se presenta en el horario establecido, el Técnico mecánico deberá reportar telefónica o personalmente al Líder del Proyecto esta novedad, quien a su vez se contactará con el contratista y acordarán realizar la reposición del recurso de acuerdo al tiempo establecido en el contrato macro de mantenimiento.

**3.1.4 Monitorear y controlar el Trabajo del Proyecto.** El Líder del Proyecto se encargará de comparar el desempeño real con respecto al planeado y evaluará las acciones pertinentes necesarias para alcanzar los resultados.

De forma semanal realizará el informe de avance (PTQ-PRY-F011) e informará los resultados al Coordinador de Mantenimiento.

La información para la elaboración del informe de avance se levantará en la reunión semanal que se realizará con el equipo del proyecto, durante esta reunión se debe evaluar avance de las actividades, revisión de pendientes anteriores, actualización de los riesgos, revisión de problemas, verificación de los recursos ejecutados y el monitoreo de los cambios autorizados

El formato de Informe semanal se presenta en el Anexo 2 de este documento.

**3.1.5 Realizar el control Integrado de Cambios.** Cuando se presenten solicitudes de cambio que afecten el alcance, cronograma y los costos o cualquier otro aspecto del proyecto, serán evaluados por el comité de control de cambios el cual estará compuesto por:

- Líder del Proyecto
- Coordinador de mantenimiento
- Coordinador de planta
- Profesionales de especialidad

Los integrantes del comité de control de cambios se reunirán en el momento en que se presenten las respectivas solicitudes de cambio, las cuales pueden ser realizadas por cualquiera de los interesados en el formato PTQ-PRY-F007. Si el cambio es aprobado se debe realizar el seguimiento de la aplicación de los cambios de acuerdo al plan establecido.

Si la solicitud del cambio afecta significativamente el proyecto, esta solicitud se presentará para aprobación por parte de CENIT S.A.S., siendo en todo caso el Coordinador de Mantenimiento quien realice la evaluación de la presentación o no de la solicitud de cambio a CENIT S.A.S.

La determinación del comité se comunicará a los interesados a través de correo electrónico y si da lugar actualizar los documentos del proyecto se establecerá el plan de trabajo para realizar los cambios.

El registro de todas las solicitudes de cambio se deberá llevar en la carpeta del proyecto y de acuerdo al formato PTQ-PRY-F008.

En el caso que se presenten situaciones que requieran tomar decisiones de forma inmediata, el Líder del proyecto deberá solicitar el cambio por correo electrónico al Coordinador de mantenimiento y recibir su aprobación para realizar el cambio, posterior al mismo tendrá 5 días hábiles para formalizar el cambio.

**3.1.5.1 Identificación del tipo de Cambio:** Cambio en el alcance: se entiende como cambio en el alcance la inclusión o eliminación de una o varias actividades en un proyecto, con respecto al objeto y alcance aprobados.

**Acciones correctivas:** se generan para alinear las desviaciones que se presenten con respecto a lo planeado. Se entiende como acciones correctivas la gestión del tiempo, como la aceleración de trabajos para cumplir el cronograma o disminuir el retraso, se aplicará una solicitud formal de cambio cuando la acción correctiva se aplique a una desviación considerada de nivel alto en el plan de gestión.

**Acciones preventivas:** es toda acción llevada a cabo para reducir la probabilidad de sufrir consecuencias negativas asociadas con los riesgos del proyecto. Como anticipar las compras, iniciar las actividades para mitigar efectos del clima etc.

**Reparación de defectos:** identificación formalmente documentada de un defecto en un componente del proyecto, se aplicará una solicitud de cambio cuando la reparación tenga una afectación en tiempo o costo.

Los formatos de solicitud de cambios del proyecto y la relación de los mismos durante todo el proyecto se presentan en los Anexos 3 y 4 de este documento.

### **3.1.6 Cerrar el Proyecto o Fase.**

3.1.6.1 **Reunión de Cierre del proyecto:** Una vez se dé cumplimiento a lo establecido dentro del alcance se procede a desarrollar la reunión de Cierre del proyecto.

Para lo cual el Líder del Proyecto organizará la reunión invitando a este espacio al Coordinador de Planta, Coordinador de mantenimiento, Profesionales de especialidad, Residente de Gestoría y Residente del Contratista.

En esta reunión se presentarán los resultados y se hará la socialización y recopilación de lecciones aprendidas registradas en el formato PTQ-PRY-F009.

Las lecciones aprendidas se deben ir documentando en el proceso de ejecución por parte del Líder del proyecto, de acuerdo a la información que se obtiene en los seguimientos semanales y complementarlas en la reunión de cierre.

### **Liquidación de Orden de Trabajo.**

El Líder del Proyecto se encarga de dar el visto bueno en los reportes de tiempo de contratación del personal, con los cuales la Gestoría Administrativa y el Contratista registrarán los datos reales de ejecución en la orden de trabajo registrada en SAP.

Como parte del cierre, el Líder del Proyecto se encargará de realizar el Informe final del proyecto, el cual presentará un resumen ejecutivo de las actividades realizadas, datos de desempeño, y las lecciones aprendidas. Este informe se le envía por correo al Coordinador de Mantenimiento y se archiva en la carpeta del proyecto.

El cierre formal se obtiene una vez se envía el Informe final junto con el *Acta de Entrega a Operaciones* donde se expresa el recibido a conformidad del equipo.

Los documentos modelo, o formatos para el Registro de Lecciones Aprendidas, Entrega a Operaciones e Informe Final, se presentan en los Anexo 5, 6 y 7 de este documento, respectivamente.

## **3.2 GESTIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO**

**3.2.1 Recopilar requisitos.** Los requisitos se recopilan a través de entrevistas con los interesados por los distintos medios disponibles, como reuniones, si estos se encuentran en la misma zona geográfica o por teleconferencia si se encuentran en otra zona.

Se reciben todas las expectativas de los interesados y se validan para determinar cuáles de estas se convierten en requisitos aplicables del proyecto y estos requisitos se registran en el formato MATRIZ DE TRAZABILIDAD DE REQUISITOS (PTQ-PRY-F-003), este documento se socializará con los interesados a través de correo electrónico.

El formato de MATRIZ DE TRAZABILIDAD DE REQUISITOS se presenta en el Anexo 8 de este documento.

**3.2.2 Definir el alcance.** El Líder del Proyecto elabora el formato de Enunciado del Alcance del Proyecto (PTQ-PRY-F-004) basado en la Matriz de Trazabilidad de Requisitos e información disponible.

El Enunciado del Alcance en su versión preliminar se remite por correo electrónico, posteriormente se realizará reunión donde se valide e incorpore los ajustes y se emitirá la versión revisada y firmada, la cual se oficializará a través de correo electrónico.

El modelo del enunciado del Alcance se presenta en el Anexo 9 de este documento.

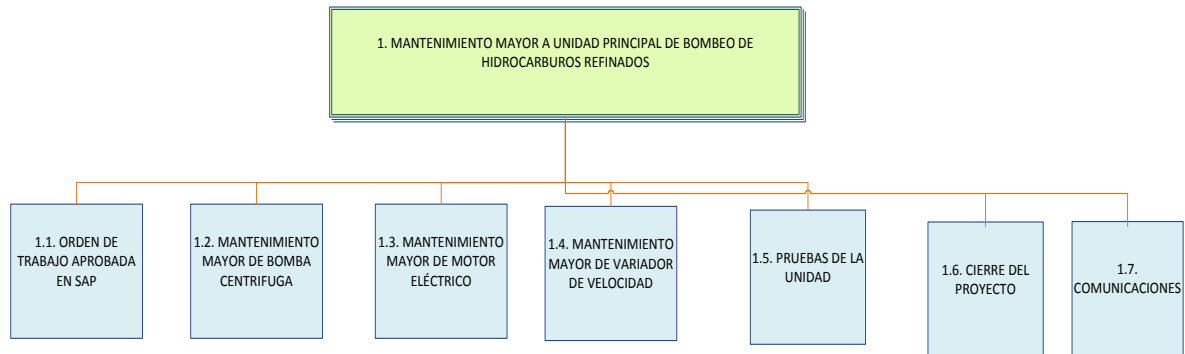
**3.2.3 Crear la Estructura de Desglose de Trabajo.** Crear la EDT/WBS es el proceso de subdividir los entregables del proyecto y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y más fáciles de manejar.<sup>6</sup>

Cada Profesional de Especialidad deberá elaborar la EDT y el diccionario de la EDT de su correspondiente participación en el proyecto de acuerdo a lo establecido en el Enunciado del Alcance, el Líder del Proyecto será el encargado de consolidar la EDT general del proyecto.

Como guía para la elaboración de la EDT y su diccionario se podrá revisar el documento Modelo (PTQ -PRY-F-005), el cual se encuentra en el Anexo 10 de este documento.

La EDT para el modelo que se está desarrollando, en su primer nivel, se presenta a continuación, y la desagregación hasta paquetes de trabajo del entregable 1.2.

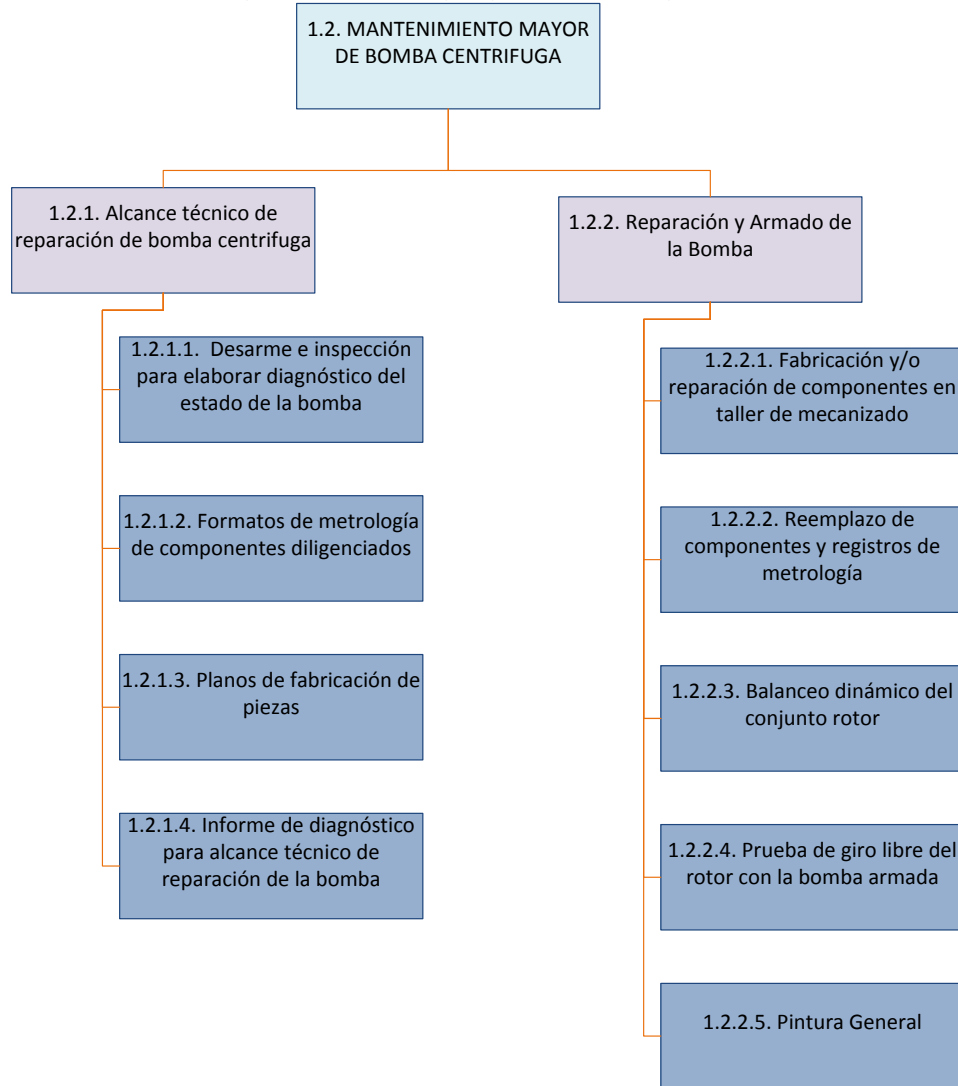
Imagen 10. Primer nivel estructura de desglose de trabajo



Fuente: Elaboración Propia.

<sup>6</sup> PMBOK® quinta edición.

Imagen 11. Desagregación entregable 1.2



Para el caso del diccionario de la EDT, se propone para cada entregable definir los siguientes aspectos: la descripción, el criterio de aceptación, el responsable y quien aprueba el entregable. A continuación se expone como ejemplo el entregable 1.2.1.2.- *Formatos de metrología de componentes diligenciados*

1.2.1. Alcance técnico de  
reparación de bomba centrífuga

1.2.1.2. Formatos de metrología  
de componentes diligenciados

### **1.2.1. Alcance técnico de reparación de bomba centrífuga.**

Documento donde se describe detalladamente todas las actividades requeridas para reparar la bomba centrífuga después de haber realizado el desarme e inspección. Debe incluir todos los trabajos a realizar en talleres externos y el listado de piezas a reemplazar.

#### **1.2.1.2. Formatos de metrología de componentes diligenciados**

##### **Descripción**

Medición con instrumentos calibrados y certificados de elementos de desgaste para verificación de holguras y ajustes, se realiza en hombros de impulsores, anillos de desgaste estacionarios y rotativos, bujes de restricción, zona de rodamientos del eje, etc.

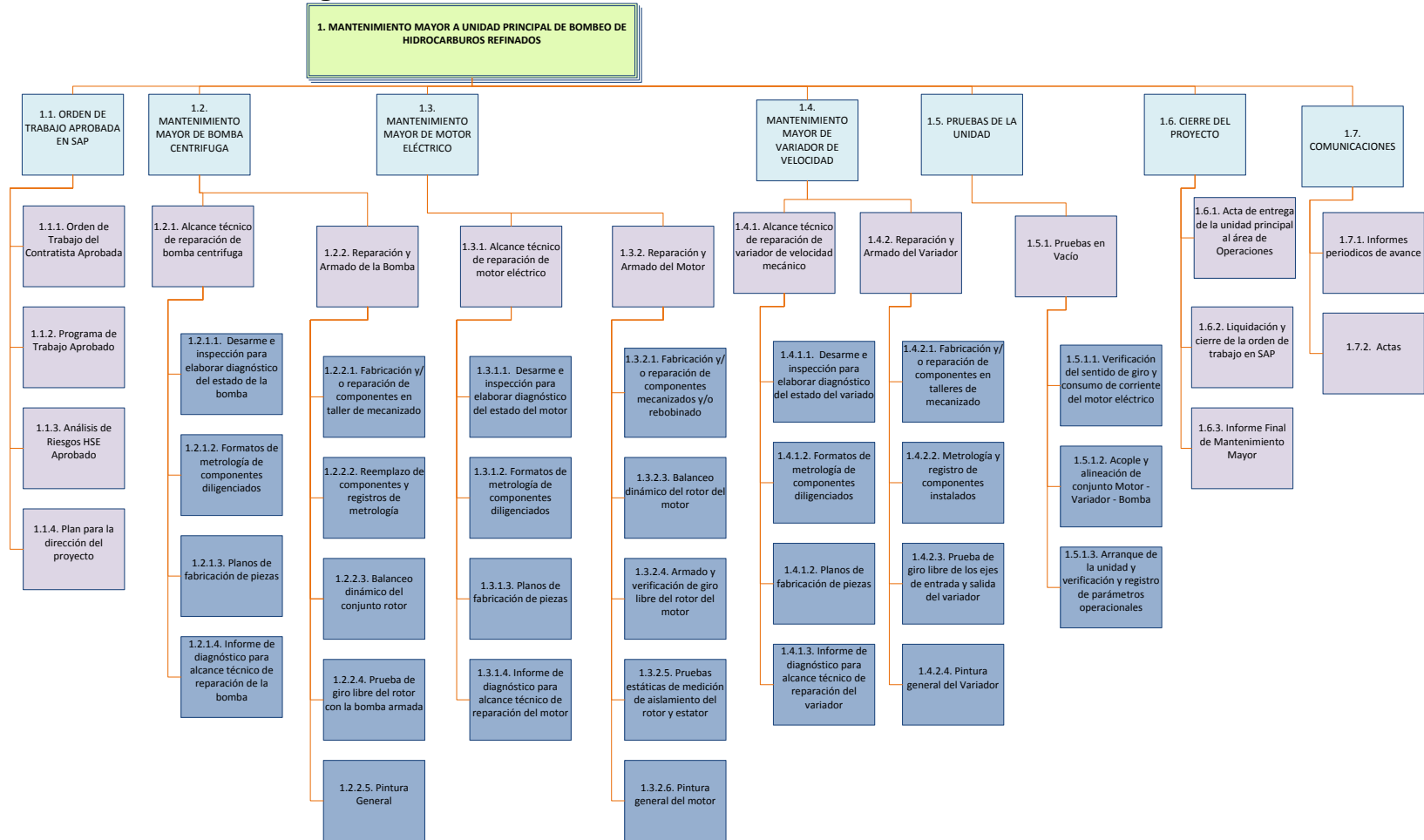
##### **Criterios de aceptación**

Registros de metrología indicando claramente la holgura existente entre componentes de desgaste.

**Responsable:** Técnico Mecánico.

**Aprueba:** Profesional de Especialidad Mecánica.

## Imagen 12. ESTRUCTURA MODELO DE DESGLOSE DE TRABAJO



**3.2.4 Validar el Alcance.** Una vez se ha superado el control de calidad y el control del alcance, se realiza la reunión de entrega a Operaciones con el Supervisor de Operaciones y/o Coordinador de Planta, con quienes se verifica que los parámetros operacionales de la Unidad estén dentro de sus rangos normales. La validación se registra en el acta de Entrega a Operaciones PTQ-PRY-F010 – mostrada en el Anexo 6 de este documento.

En el formato de entrega a operaciones se registra los parámetros operacionales, tales como: presión de succión, presión de descarga, flujo, temperaturas de componentes, niveles de vibración, y los que el equipo de proyecto u operaciones consideren relevante para establecer el buen funcionamiento de los equipos intervenidos.

**3.2.5 Controlar el Alcance.** Se realiza dando cumplimiento al proceso de Control de Cambios establecido (ver numeral 2.1.3)

### 3.3 GESTION DE TIEMPO DEL PROYECTO

ACTIVIDAD	OBSERVACIONES	HERRAMIENTAS	PARTICIPANTES
Definir actividades	Desglosar paquetes de trabajo de la WBS a nivel de actividades	Descomposición, juicio de expertos, proyectos similares	Profesionales de cada especialidad
Secuenciar actividades	Determinar relaciones lógicas y tipos de precedencia.		
Estimar recursos para las actividades	Estimar los rendimientos de cada actividad relevante indicando la justificación y los recursos de personal, equipos y material requeridos (unidad de medida y cantidad).	Juicio de expertos	Profesionales de cada especialidad
Estimar duración para las actividades	Estimar la duración de cada actividad considerando los rendimientos de los recursos, disponibilidad y calendario. La duración	Juicio de expertos, duración de actividades en proyectos similares.	Equipo del proyecto

ACTIVIDAD	OBSERVACIONES	HERRAMIENTAS	PARTICIPANTES
	más probable para cada actividad será la que se registre en el cronograma.		
Desarrollar cronograma	<p>Considerar supuestos y restricciones asociadas al tiempo, usar calendario base de 7 días, cargar en Microsoft Project.</p> <p>Dentro del cronograma se debe definir la reserva administrativa del 20%, establecido de acuerdo a la experiencia obtenida por la Coordinación de Mantenimiento en proyectos similares.</p>	Microsoft Project	Líder del Proyecto

**3.3.1 Controlar el Cronograma.** El Líder del Proyecto será responsable del proceso de seguimiento, monitoreo y control al Cronograma General del Proyecto mediante las siguientes herramientas y mecanismos:

- El control del cronograma se realizará solo para la etapa de ejecución y cierre del proyecto, ya que la etapa de planeación presenta demasiada incertidumbre en su duración real debido a factores de la organización como disponibilidad presupuestal e imposibilidad de sacar de línea la unidad de bombeo para ejecutar el mantenimiento.
- Cargue de avances. Asegurar el cargue adecuado de información relacionada con el estado del proyecto en el cronograma, con la utilización del Software Microsoft Project®. Para determinar el avance de una actividad y dado que la mayoría de actividades no supera los 3 días solo se registrará su avance cuando estén completadas al 100%.
- Análisis de indicadores. Analizar el comportamiento del cumplimiento de la planeación que se obtiene del seguimiento al cronograma del proyecto a través de la desviación, la cual se obtiene de Microsoft Project® de acuerdo al avance que se registre semanalmente (ver anexo 7- Pestaña Seguimiento Semanal). A continuación se presenta la tolerancia permisible de desviación:

Tabla 6. Tolerancia de desviación para control de cronograma

<b>Tolerancia</b>	<b>Categoría</b>	<b>Plan de Respuesta</b>
0-10%	Bajo	Analizar las causas con el personal técnico y definir un plan de acción para corregir la desviación
11%-19%	Media	El líder del proyecto deberá realizar seguimiento diario al trabajo del proyecto y evaluar la implementación de medidas correctivas.
>20%	Alta	El Líder del proyecto determinará las acciones correctivas a realizar y presentará la solicitud de Cambio al Comité.

Fuente: Elaboración propia.

- Análisis de proyecciones. Analizar la proyección de duraciones y desarrollo del proyecto, de acuerdo con el desempeño obtenido.
- Actualización de cronograma. De requerirse, actualizar el cronograma de acuerdo con los planes de acción fijados por el equipo del proyecto (esto no implica la aprobación de cambio de línea base).
  - Reuniones de seguimiento. El Líder del Proyecto realizará las reuniones sistemáticas semanales de seguimiento.
  - El progreso de las actividades se actualizará periódicamente de forma semanal y su registro quedará incluido en las actas de las reuniones, y en el informe semanal se presentará el avance del proyecto en la etapa de ejecución.

En el anexo 11, se presenta el cronograma modelo elaborado en Microsoft Project®, la duración de las actividades se determinaron de acuerdo a la experiencia de los profesionales de especialidad dado que a la fecha no se cuenta con una base de datos que permita definir por métodos cuantitativos la duración más probable.

De acuerdo al cronograma elaborado, el proyecto modelo tiene una duración estimada de 96 días hábiles, como se presenta en la siguiente imagen.

Imagen 13. Duración del proyecto Modelo

Nombre de tarea	Duración
[-] <b>PROYECTO</b>	<b>96 días</b>
+ Planeación	<b>28,67 días</b>
+ Ejecución	<b>45,44 días</b>
+ Cierre	<b>10,89 días</b>
Reserva administrativa (20%)	<b>11 días</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4 PLAN DE GESTIÓN DE COSTOS

La gestión de costos se realizará únicamente sobre la etapa de ejecución del proyecto, se cuantificarán los servicios que se requieren de personal que no hace parte de la planta de trabajo permanente de ECOPEPETROL los cuales son sujetos de control.

El esfuerzo de la etapa de planificación y cierre no se considera para la gestión de los costos, porque recae sobre el equipo del proyecto el cual está vinculado de forma directa a ECOPEPETROL S.A.

El valor de los costos se tomará directamente de las tarifas establecidas en los contratos que se tengan vigentes entre ECOPEPETROL y los contratistas.

De acuerdo a la política de presupuesto de ECOPEPETROL se tendrá un 30% del valor del contrato para manejo de Incertidumbres (riesgos desconocidos), lo cual está de acuerdo a lo establecido por la Gerencia Técnica de Activos, la cual esta soportada en los análisis realizados por esta dependencia respecto al desempeño de las ordenes de trabajo planeadas por las áreas operativas.

El líder del proyecto tiene autonomía para hacer uso de la partida establecida conforme al análisis y necesidades del proyecto.

El control final de los Costos lo realiza la Gestoría Administrativa en base a la información suministrada por el Líder del Proyecto.

En caso que se requiera durante la ejecución destinar un mayor número de recursos a los estimados, incluido el valor de la reserva administrativa, se debe solicitar aprobación de los mismos al Coordinador de Mantenimiento.

Para estimar los costos se partirá de la estructura de desglose del trabajo y el cronograma, los cuales permitirán definir el tiempo requerido del personal y la cantidad de los servicios externos.

**3.4.1 Estimar los Costos.** Para realizar la estimación de los costos de las actividades se hace a partir de la identificación de los recursos a requerir, de los cuales todos los relacionados con el personal tienen una tarifa fija determinada en el contrato macro de mantenimiento.

Para los servicios externos de mecanizado se aplica la herramienta de estimación análoga, tomando como referencia otros proyectos similares, datos históricos o cotizaciones de servicios similares.

El valor de los repuestos se obtiene de acuerdo a la información obtenida en las cotizaciones actualizadas de estos repuestos, solicitada al fabricante de los mismos. De no obtenerse estas cotizaciones actualizadas se podrá utilizar el valor de la última compra registrado en el sistema SAP.

Es importante aclarar que el presupuesto inicial es un presupuesto *estimado* considerando que existe un alto nivel de incertidumbre sobre las piezas que se deben cambiar o fabricar, lo cual deberá establecerse con detalle en la etapa posterior al diagnóstico de estado de los componentes, por tanto es necesario actualizar el presupuesto y fijar las líneas base de costos y tiempo una vez se realice el diagnóstico del alcance técnico de reparación, con el cual se realizará al final del proyecto el control de los costos.

La estimación de los costos del proyecto la realizará para sus entregables cada Profesional de Especialidad y será consolidada por el Líder del Proyecto.

**3.4.2 Determinar el Presupuesto.** El presupuesto se determina al consolidar la información de los recursos necesarios para el proyecto teniendo en cuenta la aplicación de contingencias establecida, esta información se registra en el formato PTQ-PRY-F013.

El presupuesto se debe socializar con los Profesionales de la Especialidad, la Gerencia Administrativa, y deberá ser aprobado por el Coordinador de Mantenimiento.

Dentro del proyecto no se determina algún flujo de caja dado que dentro del mismo no se realizan trámites de pagos, es decir, los costos y gastos se causan pero los pagos son generados por otras áreas fuera del marco del proyecto ya que los servicios contratados hacen parte de convenios vigentes de Ecopetrol con sus proveedores.

El presupuesto del Proyecto Modelo se presenta en el Anexo 12 de este documento.

**3.4.3 Controlar los Costos.** El control de los costos, tiene una relación directa con el esfuerzo en cuanto a la dedicación de los recursos de personal, ya que los costos de los repuestos y servicios externos se pueden considerar como costos fijos dentro del proyecto y su variación no está dentro del control del proyecto.

Por tanto al controlar el tiempo de forma semanal simultáneamente se garantiza el control de la desviación de los costos, los cuales se verificarán cuantitativamente al final del proyecto en el informe final, y en la liquidación de la orden de trabajo.

En caso de requerirse cambios en la línea base de costos durante la ejecución se deberá seguir el proceso de control de cambios establecido.

Al final del proyecto se evaluará el resultado de la desviación en Costos (ver Informe Final- Informe de Costos), y de acuerdo al resultado el Líder del Proyecto deberá realizar las acciones descritas en la tabla 7.

Tabla 7. Tabla de evaluación de la desviación en costos.

<b>Tolerancia</b>	<b>Categoría</b>	<b>Plan de Respuesta</b>
0- 20%	Media	Analizar las causas de la desviación junto con el equipo técnico y consignar las conclusiones en el Informe Final.
>20%	Alta	El Líder del proyecto, deberá hacer una reunión con el equipo, guiar el análisis de causa raíz y presentar un documento adicional al Informe Final donde se registre el ejercicio de análisis y las conclusiones.

Fuente: Elaboración Propia

### **3.5 PLAN DE GESTIÓN DE CALIDAD**

Con el fin de dar cumplimiento a los criterios de calidad establecidos para el producto se seguirán los siguientes documentos de referencia:

- Procedimiento para mantenimiento de bombas centrifugas horizontales VIT-GTT-P-219.
- Procedimiento de mantenimiento mecánico de variadores de velocidad hidromecánicos VIT-GTT-P-319.
- Procedimiento de mantenimiento de motores eléctricos de media tensión VIT-GTT-P-213

Como formatos soporte para la gestión de calidad se deberán utilizar todos los formatos de metrología disponibles para ejecutar los procedimientos listados anteriormente, en caso tal que no se encuentre alguno de estos formatos, el Líder del Proyecto deberá establecer el documento a utilizar para registrar la información requerida por los mencionados procedimientos.

### 3.5.1 Métricas Del proyecto.

Nombre del Indicador	Formula	Forma de Calculo	Frecuencia de medición	Meta
<b>CUMPLIMIENTO DEL CRONOGRAMA EN EJECUCIÓN</b>	Avance Planeado – Avance Real	Haciendo uso de Microsoft Project® y actualizando el avance esperado a través del indicador % completado se estable la línea base y semanalmente se comparará con los resultados del avance de la semana.	Semanal	-10% < Desviación (t) < 10%
<b>PRESUPUESTO</b>	Costo Real / Costo Planeado	Costo Planeado: línea base de costos (Presupuesto) Costo Real: Informe de Costos final ( anexo 7)	Al final del proyecto	0,8 < Desviación (t) < 1,2
<b>EFICIENCIA DE LA BOMBA.</b>  Verificación de la capacidad del equipo de desempeñar su función lo más cerca posible a su punto de mejor eficiencia (BEP, best efficiency point, por sus siglas en inglés).	$PH = \frac{GPM * PSI}{1715}$ <p>PH: potencia hidráulica GPM: flujo, galones por minuto PSI: presión (libras por pulgada cuadrada)</p> <p><b>Eficiencia:</b> <math>\frac{PH}{Potencia elect}</math></p>	Se mide la diferencia o incremento de presión (presión de descarga menos presión de succión) y el flujo, para calcular la Potencia Hidráulica, ésta a su vez se compara con la Potencia Eléctrica consumida por el motor.	Se mide antes de realizar la intervención al equipo y posterior a la misma.	Incremento mínimo de 5% respecto a su condición inicial.
Disponibilidad	(Horas Totales del periodo evaluado – Horas no disponibles del equipo) / Horas Totales del periodo evaluado	Se obtienen los datos del HMI (Interfase Hombre Maquina)	Se mide antes de realizar la intervención al equipo y posterior a la misma durante 10 días.	95%

**3.5.2 Controlar la Calidad.** El control de la calidad se efectúa a través de toda la ejecución del proyecto y se refleja en las actividades relacionadas con la documentación de registros de metrología, la inspección de la fabricación en los talleres de mecanizado, los certificados de balanceo emitidos por los proveedores, y finalmente, el control de la calidad se realiza en las pruebas aplicadas que garantizan la funcionalidad del equipo. Los responsables de controlar la calidad son los Profesionales de Especialidad.

Para realizar el control de la calidad es necesario gestionar el cumplimiento de los requisitos de acuerdo a la Matriz de requisitos y el cumplimiento de los criterios de aceptación de los entregables de acuerdo al diccionario de la EDT.

### **3.6 GESTIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS DEL PROYECTO**

**3.6.1 Planificar la Gestión de Recursos Humanos.** Los recursos humanos para la ejecución de los proyectos de mantenimiento mayor están plenamente identificados en el documento modelo para el proyecto tipo desarrollado en esta monografía, Anexo 19 Listado de Actividades y Recursos Mantenimiento Mayor, y la gestión de estos recursos se basa principalmente en establecer la fecha de ingreso del personal técnico adicional tanto para la especialidad mecánica como de electricidad que se requiere para la ejecución del proyecto.

Esta fecha de ingreso será informada vía correo electrónico al contratista con mínimo 10 días hábiles de anticipación a la fecha de inicio del proyecto para que se surtan los trámites normales de contratación.

El perfil del personal opcional requerido ya está establecido en los documentos del contrato macro de mantenimiento y la Gestoría Administrativa deberá asegurar que el personal contratado cumpla con estos perfiles.

El personal a contratar es el denominado como opcional, es decir, que no se cuenta con el normalmente en la planta donde se ejecutará el proyecto, y el proceso de contratación será el establecido internamente por el contratista macro sin perjuicio de la legislación Colombiana y los requisitos del contrato macro de mantenimiento. A grandes rasgos el proceso es el siguiente:

1. El Líder del Proyecto consolida la cantidad y duración de los recursos humanos requeridos
2. El Líder del Proyecto solicita al contratista con la anticipación acordada la contratación del personal

3. La Gestoría Administrativa verifica el cumplimiento de los perfiles requeridos para el personal seleccionado por el contratista
4. El Contratista realiza la contratación del personal aprobado por la Gestoría Administrativa y requerido por el Líder del Proyecto.

**3.6.2 Adquirir el equipo del proyecto.** Dado que el Líder del Proyecto puede tener control directo sobre la selección de los miembros del equipo así como de su asignación al proyecto, el Líder del Proyecto podrá asegurar que el personal contratado cuente con las competencias mínimas necesarias para realizar las actividades encargadas y que además esté disponible para hacerlo cuando se requiera, es decir, con la anticipación que considere pertinente de tal forma que no genere sobre costos por tener personal disponible sin asignación, pero tampoco retrasos del proyecto por no tener personal asignado a las tareas que ya se pudieran ejecutar.

Es responsabilidad del Líder del Proyecto informar al contratista la fecha de desvinculación del personal contratado como opcional para el proyecto de tal forma que no se incurra en sobrecostos por tener personal disponible sin asignación.

La solicitud de contratación del personal requerido para el proyecto se hará a través del formato de *Orden de trabajo del Contratista – el cual se muestra en el Anexo 16* de este documento y que además se encuentre vigente en la fecha de ejecución del proyecto, donde quedará registrado todo el personal a contratar, el cargo de los mismos y la duración estimada de la contratación. Una vez autorizada esta orden de trabajo por el Coordinador de Mantenimiento, no se requiere ninguna otra autorización para contratar el personal en la fecha que indique el Líder del Proyecto.

**3.6.3 Desarrollar el equipo del proyecto.** Debido a la corta duración de los proyectos de mantenimiento mayor de unidades de bombeo, el desarrollo del equipo del proyecto se da principalmente sobre el personal técnico básico o directo de ECOPETROL que se involucra en la ejecución del mismo, pero en periodos diferentes al tiempo de ejecución del proyecto, debido a que este personal labora de tiempo completo en el Departamento O&M Antioquia.

Para esto la empresa tiene establecido un Plan Individual de Desarrollo para todos y cada uno de sus funcionarios que se ejecuta y se evalúa anualmente, sobre el cual el Líder del Proyecto puede influenciar para que se de peso o profundidad a los componentes de este plan que estén alineados con las actividades a desarrollar en los proyectos de mantenimiento mayor de unidades de bombeo.

Sobre el personal del contratista solo se tiene oportunidad para ejecutar actividades de desarrollo durante el periodo de ejecución del proyecto, por tal razón, el Líder del Proyecto aunque delegue en los técnicos de mantenimiento el control sobre este personal, deberá involucrarse activamente en el seguimiento a su desempeño con el fin de establecer los correctivos a que haya lugar.

**3.6.4 Dirigir el equipo del proyecto.** Es responsabilidad exclusiva del Líder del Proyecto dirigir el equipo del mismo, para lo cual se tendrá un espacio en las reuniones semanales de seguimiento donde los técnicos de mantenimiento expondrán los comentarios relacionados con el desempeño del personal involucrado y el suyo propio.

La observación y la conversación serán las herramientas principales que utilizará el Líder del Proyecto para mantenerse en contacto con el desempeño y las actitudes de los miembros del equipo del proyecto.

El Líder del proyecto durante la ejecución registrará los eventos o situaciones relacionadas con el personal a su cargo en el formato PTQ-PRY-F-018, Gestión del Equipo de Trabajo, el cual se muestra en el Anexo 020 de este documento.

Con base en la información recibida, el Líder del Proyecto tomará las medidas que correspondan sobre los integrantes del equipo del proyecto, bien sean correctivas o de reconocimiento de tal forma que se garantice el buen clima laboral y así el proyecto no se vea afectado por factores humanos de los integrantes del equipo del proyecto.

Una vez terminado el proyecto, el Líder del Proyecto deberá evaluar el desempeño del equipo. Esta información se socializará con el Contratista y con la Gestoría Administrativa con el propósito de encontrar opciones de mejora en futuros proyectos.

### **3.7 GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES DEL PROYECTO**

**3.7.1 Planificar la Gestión de las Comunicaciones.** En la planificación de la gestión de las comunicaciones se deberá analizar los requisitos de comunicación de todos y cada uno de los interesados del proyecto para así elaborar el documento PTQ-PRY-F-014, Plan de Gestión de Comunicaciones, donde se establecen dichos requisitos y la manera de satisfacerlos.

El Anexo 14, Plan de Gestión de Comunicaciones, muestra el documento diligenciado para el proyecto modelo desarrollado en esta monografía, el cual podrá ser utilizado como guía en el proyecto particular que se requiera ejecutar.

**3.7.2 Gestionar las comunicaciones.** Es responsabilidad del Líder del Proyecto velar por el cumplimiento del Plan de Gestión de Comunicaciones establecido para cada proyecto en particular y asegurar las actualizaciones de los documentos del proyecto a que haya lugar como resultado de la Gestión de las Comunicaciones.

**3.7.3 Controlar las Comunicaciones.** Para controlar las comunicaciones se aprovecharán los espacios que se tendrán para temas varios en las reuniones semanales de seguimiento. En estos espacios los interesados del proyecto y el líder del mismo presentarán sus observaciones sobre la gestión que se está dando al plan de comunicaciones y será el Líder del Proyecto quien establezca los correctivos a que haya lugar con el propósito de determinar la manera más adecuada de actualizar y comunicar el desempeño del proyecto, y de responder a las solicitudes de información por parte de los interesados.

## **3.8 GESTIÓN DE LOS RIESGOS DEL PROYECTO**

**3.8.1 Planificar la Gestión de los Riesgos.** El Líder del Proyecto apoyado en su equipo de trabajo definirá las actividades de gestión de riesgos del proyecto particular a desarrollar. Para lo anterior deberá tener en cuenta las lecciones aprendidas de proyectos anteriores y el juicio de los expertos bien sea que estén involucrados directamente en el proyecto o no.

Para la elaboración de este Plan de Gestión de Riesgos se tomará como información de entrada todas las observaciones y comentarios que se reciban en la reunión de arranque del proyecto incluyendo mínimo una visita al sitio de ejecución, y el Líder del Proyecto o la persona que este designe será el responsable de elaborar este Plan de Gestión de Riesgos.

En el Anexo 14, PTQ-PRY-F-014, Plan de Gestión de Riesgos en Proyectos de Mantenimiento Mayor, se muestra el modelo de Plan de Gestión de los Riesgos para el proyecto tipo que se presenta en esta monografía, el cual podrá utilizarse como guía para la elaboración del plan particular del proyecto a desarrollar. Sin embargo cabe recalcar que para cada proyecto de mantenimiento mayor a desarrollar el Líder del Proyecto deberá asegurar que dicho plan se elabore y se

siga de la manera más adecuada de tal forma que se asegure el nivel, el tipo y la visibilidad de la Gestión de los Riesgos del Proyecto.

Respecto a la Gestión de Riesgos del proyecto en materia de seguridad industrial, el Líder del Proyecto deberá asegurar que el profesional HSE designado al proyecto elabore adecuadamente el Análisis de Riesgos HSE en el formato vigente establecido por ECOPEPETROL para este propósito, el cual deberá estar aprobado por el dueño del área donde se ejecutará el proyecto, en este caso el Coordinador de la Planta donde se encuentre instalada la unidad de bombeo a intervenir.

En el Anexo 12, Análisis de Riesgo HSE Mantenimiento Mayor, se muestra un modelo de análisis de riesgo en materia HSE para un proyecto típico de mantenimiento mayor, el cual podrá ser utilizado como guía para la elaboración del análisis de riesgo particular para el proyecto a desarrollar.

**3.8.2 Identificar los Riesgos.** La identificación de los riesgos estará a cargo del equipo del proyecto incluyendo los interesados, quienes en la etapa de planeación del proyecto aportarán sus observaciones al Líder del Proyecto siguiendo el plan de comunicaciones.

En la reunión de arranque y la visita al sitio de trabajo se aprovechará para realizar la primera identificación de riesgos del proyecto, y en adelante se podrá hacer uso de todos los canales de comunicación existentes en el proyecto para realizar la subsecuente identificación de los riesgos.

El Líder del Proyecto será el encargado de recopilar esta información y registrarla en el documento Plan de Gestión de Riesgos en Proyectos de Mantenimiento Mayor, en la pestaña elaborada para este registro.

La identificación de riesgos no se dará en una etapa específica del proyecto, por lo cual el Líder del Proyecto deberá estar atento para que en el momento que él o cualquier participante del proyecto identifique un riesgo, éste sea registrado y gestionado adecuadamente.

**3.8.3 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos.** El Líder del Proyecto apoyado en el equipo del proyecto realizará el Análisis Cualitativo de Riesgos utilizando la herramienta Matriz de Probabilidad e Impacto establecida para la evaluación de riesgos en proyectos de mantenimiento mayor.

Esta matriz se encuentra en el documento Anexo 14, PTQ-PRY-F-014 Plan de Gestión de Riesgos en Proyectos de Mantenimiento Mayor, en la pestaña Matriz RAM, para lo cual, si lo considera necesario, podrá citar a una reunión al equipo del proyecto para realizar esta valoración, o podrá apoyarse en la información histórica de proyectos similares ejecutados en la industria.

Independientemente de la forma como el Líder del Proyecto decida realizar esta valoración, la misma deberá ser compartida a los interesados según el plan de comunicaciones del proyecto para su validación y posterior tratamiento.

**3.8.4 Realizar el Análisis Cuantitativo de los Riesgos.** Debido a la corta duración y el bajo presupuesto de los proyectos de mantenimiento mayor en ECOPETROL, se tendrá como premisa el no realizar el análisis cuantitativo de los riesgos para estos proyectos, debido principalmente a la falta de datos suficientes para desarrollar los modelos adecuados. Sin embargo el Líder del Proyecto deberá utilizar el juicio de expertos para determinar la necesidad y la viabilidad del análisis cuantitativo de riesgos. La disponibilidad de tiempo y presupuesto, así como la necesidad de declaraciones cualitativas o cuantitativas acerca de los riesgos y sus impactos, determinarán que método o métodos emplear para un determinado proyecto.

Como forma de establecer una valoración global del riesgo asociado a los proyectos de mantenimiento mayor se analizarán los siguientes dos casos:

1. Si no se ejecuta el proyecto de mantenimiento mayor, ¿qué pasa?

Los equipos a intervenir fallarán repentinamente y sus componentes internos podrán sufrir tal grado de desgaste que no será posible recuperarlos, causando una parada de duración mucho mayor a la programada para la ejecución del proyecto y un costo mucho mayor al presupuestado por remplazo de piezas de difícil consecución y elevado costo.

De acuerdo a lo mencionado en el capítulo 2, el lucro cesante de uno de los sistemas de bombeo asociados al Departamento de Operación y Mantenimiento Antioquia puede ascender a los \$ 531.607.440 por día de parada del mismo.

2. Si el cronograma planeado para la ejecución del proyecto se extiende, ¿qué pasa?

Aunque el efecto o la consecuencia de este riesgo probablemente sería menor que la del riesgo analizado en el punto anterior, la principal consecuencia seguiría siendo el lucro cesante del sistema afectado, cuyo valor igualmente podría ascender a los \$ 531.607.440 por día de parada del mismo.

**3.8.5 Planificar la respuesta a los riesgos.** El Líder del Proyecto en común acuerdo con el equipo del proyecto y con la aprobación del Coordinador de Mantenimiento deberá establecer las estrategias de respuesta para los riesgos identificados, bien sean estos riesgos negativos o amenazas, o riesgos positivos u oportunidades.

Las estrategias preestablecidas para responder a los riesgos se mencionan a continuación, sin embargo el Líder del Proyecto podrá establecer una estrategia diferente a estas si así lo considera.

Para los Riesgos Negativos o Amenazas se tienen preestablecidas como estrategias las de Evitar, Transferir, Mitigar y Aceptar, las cuales se establecerán de acuerdo al nivel de riesgo, siendo posible “Aceptar” los riesgos solo para aquellos cuya valoración de como resultado un nivel bajo, y estableciendo como única estrategia la de “Evitar” para aquellos riesgos cuya valoración de como resultado un nivel “Alto”.

Para los Riesgos Positivos u Oportunidades se tienen como preestablecidas las estrategias de Explotar, Mejorar, Compartir y Aceptar, siendo potestad del Líder del Proyecto implementar la estrategia que considere conveniente.

En caso de requerir claridad acerca de la definición de alguna de las estrategias preestablecidas, remitirse a la Guía del PMBOK®, Quinta Edición.

Después de haberse determinado la estrategia a adoptar, el Líder del Proyecto deberá registrarlas en el documento PTQ-PRY-F-014 Plan de Gestión de Riesgos en Proyectos de Mantenimiento Mayor.

**3.8.6 Controlar los Riesgos.** Es responsabilidad del Líder del Proyecto asegurar que se implementen los planes de respuesta a los riesgos, dar seguimiento a los riesgos identificados, monitorear los riesgos residuales, identificar nuevos riesgos y evaluar la efectividad del proceso de gestión de los riesgos a través del proyecto. Para lo anterior podrá utilizar el espacio generado en las reuniones periódicas de avance del proyecto, donde deberá indagar al equipo del proyecto por el desarrollo del plan de gestión de riesgos y tomará las decisiones que considere pertinentes para alinear el desarrollo del proyecto con el plan de gestión de riesgos actualizado.

### **3.9 GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES DEL PROYECTO**

**3.9.1 Planificar la Gestión de las Adquisiciones.** Las adquisiciones para el proyecto hacen referencia principalmente a repuestos y servicios de mecanizado, a continuación se describe como se debe realizar la planificación de las adquisiciones para cada uno de estos productos.

#### **Suministro de bienes.**

#### **Repuestos suministrados exclusivamente por el fabricante del equipo**

Se solicita la compra de los repuestos críticos con mínimo 8 meses de anticipación a la fecha en que se desee tener disponibles para su uso, previa verificación de inventarios en la bodega local y en los listados de material pendientes por recibir. La solicitud se realiza a través de una orden de trabajo generada en el modelo de gerenciamiento de mantenimiento del ERP SAP, estimando el posible número de mantenimientos mayores a realizar a lo largo del periodo contable (un año). Usualmente en el Departamento de Operación y Mantenimiento Antioquia realiza dos trabajos de mantenimiento mayor al año que requieran las compras al fabricante.

Después de realizada la solicitud, todo el proceso de compra es realizado por el personal del Área de Compras, una vez el material ha sido recibido por ECOPETROL el Administrador de Inventarios notifica al usuario el retiro del material de la bodega central.

Antes de iniciar un proyecto de mantenimiento mayor, se debe verificar la existencia de los repuestos críticos disponibles en la bodega local, considerando que es un riesgo iniciar una reparación sin contar con los repuestos críticos para

reemplazo en caso tal que se requiera después de realizar las tareas de desarme, para lo cual se requiere diligenciar el formato verificación de repuestos críticos para mantenimiento mayor de unidades de bombeo (PTQ -PRY-F-006), mostrado en el Anexo 15 de este documento.

Los proveedores potenciales de los repuestos, se encuentran plenamente identificados ya que son directamente los fabricantes, los cuales se describen en la orden de trabajo de solicitud de materiales junto con la descripción técnica de lo solicitado.

### **Servicios de fabricación y reparación de piezas**

Para todos los servicios de fabricación y reparación de piezas se hace uso del contrato de mecanizado que se encuentre vigente durante el período de ejecución del proyecto. Previo al inicio del proyecto se debe verificar que exista un contrato vigente y que éste cuente con el presupuesto disponible y suficiente para ejecutar todos los servicios planeados para la ejecución del proyecto.

**3.9.2 Efectuar las Adquisiciones.** El proceso de obtener respuestas de los proveedores, seleccionarlos y adjudicarles un contrato se realiza a través del Área de Compras, por lo cual el Líder del Proyecto deberá realizar seguimiento y gestionar lo que esté a su alcance para que estos procesos de compra se culminen con éxito.

**3.9.3 Controlar las Adquisiciones.** El proceso de gestionar las adquisiciones, monitorear la ejecución de los contratos y efectuar cambios y correcciones según corresponda se realiza a través del Área de Compras, por lo cual y de forma periódica el Líder del Proyecto, realiza seguimiento al proceso de compra para asegurarse que se encuentre en marcha y obtener una fecha tentativa de entrega de los componentes.

Como medida de control de este suministro de servicios tanto para el cumplimiento como para la calidad, el Líder del Proyecto o la persona que este designe deberán verificar periódicamente el proceso de fabricación de todos los componentes en las instalaciones del proveedor.

**3.9.4 Cerrar las Adquisiciones.** Se cierran con la remisión firmada por parte del Líder del Proyecto.

Se solicita al taller la relación de costos de los trabajos requeridos para la ejecución del proyecto y se verifica el cumplimiento de las especificaciones técnicas con el fin de recibir a conformidad el servicio.

### **3.10 GESTIÓN DE LOS INTERESADOS DEL PROYECTO**

**3.10.1 Identificar a los interesados.** El Líder del Proyecto será el responsable de realizar la identificación de los interesados del proyecto de acuerdo a la información recibida en la etapa de planeación del mismo y en los documentos del proyecto, principalmente el acta de constitución del proyecto.

El registro de todos los interesados que se hayan identificado, así como sus niveles de participación actual y deseada deberá quedar plasmado en el documento PTQ-PRY-F-002 Identificación de Interesados para Proyectos de Mantenimiento Mayor.

En el Anexo 16 se muestra el registro típico de interesados para proyectos de mantenimiento mayor de unidades de bombeo el cual podrá ser utilizado como guía para la identificación y registro de interesados del proyecto particular que se vaya a desarrollar.

**3.10.2 Planificar la Gestión de los Interesados.** El Líder del proyecto, de acuerdo con el alcance y los objetivos del mismo, podrá recurrir al juicio de expertos para decidir sobre el nivel de participación requerido de cada uno de los interesados en cada etapa del proyecto.

Por ejemplo, en el inicio del proyecto puede ser necesario que los interesados más experimentados estén altamente involucrados de modo que se elimine cualquier posible obstáculo para el éxito. Una vez eliminados dichos obstáculos, puede resultar suficiente que los interesados expertos cambien su nivel de participación de roles de liderazgo a roles de soporte, mientras que otros interesados, como los usuarios finales, pueden cobrar mayor importancia.

Para el proyecto modelo desarrollado en este plan de gestión, y siguiendo los lineamientos de la guía del PMBOK® quinta edición, el nivel de participación de los interesados se ha clasificado de la siguiente manera:

- **Desconocedor.** Desconocedor del proyecto y de sus impactos potenciales.
- **Reticente.** Conocedor del proyecto y de sus impactos potenciales, y reticente al cambio.
- **Neutral.** Conocedor del proyecto, aunque ni lo apoya ni es reticente.
- **Partidario.** Conocedor del proyecto y de sus impactos potenciales, y apoya el cambio.
- **Líder.** Conocedor del proyecto y de sus impactos potenciales, y activamente involucrado en asegurar el éxito del mismo.

En el Anexo 6 de este documento, el formato PTQ-PRY-F-002 muestra una clasificación típica para los interesados del proyecto modelo, la cual podrá utilizarse como guía para la elaboración del plan de gestión de los interesados del proyecto particular a ejecutar.

**3.10.3 Gestionar la Participación de los interesados.** La principal herramienta que el Líder del Proyecto utilizará para Gestionar la Participación de los Interesados será la estricta implementación y seguimiento al plan de comunicaciones alineado con la matriz de interesados, de tal manera que se mantenga el nivel de participación de los interesados en el punto deseado para la correcta y armoniosa ejecución del proyecto.

El Líder del Proyecto deberá hacer uso de sus habilidades interpersonales y de gestión para procurar mantener a los interesados en el nivel de participación deseado, para lo cual se apoyará en PTQ-PRY-F-017 GESTIÓN DE SOLICITUDES DE LOS INTERESADOS (Anexo 21) donde registrará las solicitudes de los interesados, y el tratamiento que se les da a cada una de ellas.

**3.10.4 Controlar la Participación de los Interesados.** El Líder del Proyecto utilizará principalmente las reuniones y las comunicaciones por correo electrónico para monitorear y controlar la participación de los interesados en la ejecución del Proyecto. De acuerdo al estado de participación de los interesados que el Líder del Proyecto perciba, éste deberá planear y ejecutar las estrategias requeridas para elevar los niveles de participación a los puntos esperados de tal forma que no se comprometa la exitosa ejecución del proyecto por una inadecuada o deficiente participación de los interesados.

## CONCLUSIONES

- 1- El modelo de maduración de proyectos de ECOPETROL es muy complejo para los proyectos de mantenimiento mayor debido que este modelo se aplica para megaproyectos, proyectos especiales, tipo A y B principalmente.
- 2- Se identificaron deficiencias en la gestión actual de los trabajos de mantenimiento mayor, las cuales serán corregidas con la implementación del plan de gestión desarrollado en esta monografía.
- 3- Se logró realizar la adaptación del plan de gestión a la medida de lo requerido para los proyectos de mantenimiento mayor, buscando que su aplicación fuera practica y sencilla de tal forma que no obstaculizar las labores actuales.
- 4- Para la elaboración de un plan de gestión siguiendo los lineamientos del PMBOK® se debe contar con la suficiente información del estado actual de los proyectos, los activos de la organización así como con la participación del equipo del proyecto.
- 5- El modelo desarrollado es aplicable en forma práctica a los proyectos de mantenimiento mayor, ya que no requieren recursos adicionales a los existentes, tiene dependencia de la gestión que quiera realizar el Líder del Proyecto asignado.
- 6- Se recomienda aplicar el modelo de gestión, evaluar sus beneficios e incentivar su implementación en todas las estaciones de bombeo de la Gerencia de Poliductos de ECOPETROL.

## BIBLIOGRAFIA

AMENDOLA Luis Ph.D, Dirección y Gestión de Paradas de Planta, Editorial PMM Institute for Learning. 2005

CENIT. Tarifas vigentes[en línea] [citado 10 de septiembre de 2015] disponible en: <https://www.cenit-transporte.com/clientes/glp/tarifas-vigentes/>

ECOPETROL. Misión y visión corporativa. [en línea] [citado septiembre 20 de 2015] disponible en: Disponible en Línea en <http://www.ecopetrol.com.co>

GUERRERO MORENO German Alonso. Metodología para la gestión de proyectos bajo los lineamientos del Project Management Institute en una empresa del sector eléctrico. Universidad Nacional de Colombia. Ciencias Económicas Postgrado, Maestría en Administración. Bogotá, Colombia. 2013 [en línea] [citado 10 de septiembre de 2015] disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/11161/1/940429.2013.pdf>

LLEDÓ Paulo, RIVAROLA Gustavo, Administración de proyectos. Primera Edición. PMI. ® Project Management Institute. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Quinta edición.

REVISTA DINERO. CENIT aumentará su capacidad. 17 de marzo de 2017.[en línea] [citado 20 de septiembre de 2015] disponible en: <http://www.dinero.com/empresas/articulo/inversiones-proyectos-CENIT-2015/206842>

ROJAS BARAHONA Randall. Plan para la Implementación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) para Plantas de Concreto en Proyectos del ICE. Proyecto Final de Graduación Presentado como Requisito Parcial para optar por el Título de Master en Administración de Proyectos. Universidad para la Cooperación Internacional San José, Costa Rica. Marzo 2010. (UCI) <http://www.uci.ac.cr/Biblioteca/Tesis/PFGMAP766.pdf>

YAMAL Juan; CHAMOUN Nicolas, Administración profesional de proyectos. La Guía. Mc Graw Hill.